Untersuchungen zur Steigerung der Bohrleistung im Kalibergbau.

Von der Technischen Hochschule zu Breslau zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs genehmigte

Dissertation.

Vorgelegt von

Dipl.-Ing. **Erich Winter**

aus Aschersleben.

Referent: o. Professor Dr.-Ing. Spackeler.
Korreferent: o. Professor Dr.-Ing. Gross.
Tag der mündlichen Prüfung: 28. Februar 1933.

Halle (Saale)
Druck von Wilhelm Knapp
1933.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Gliederung der Arbeit.

Einleitung: Der „engste Querschnitt“ im Kalibergbau.

Erster Teil: Der gegenwärtige Stand der Technik des drehenden Bohrens und Richtlinien für weitere Versuche.

A) Die Grundgedanken des drehenden Bohrens und seine technische Entwicklung.

1. Allgemeine Betrachtungen über das drehende Bohren und die Entwicklung der Drehbohrmaschinen.
2. Die Entwicklung der Bohrschneiden.

B) Zweck und Aufgabe der folgenden Versuche.

Zweiter Teil: Berichte über die angestellten Versuche.

A) Die Versuchsmittel.

I. Versuchsanordnung.

II. Die bei den Versuchen benutzten Hilfsgeräte.

1. Bohrmaschinen.
2. Bohrwagen.
3. Bohrgestänge.
4. Siebgeräte.
5. Elektrische Meßinstrumente.

III. Die Bohrschneiden.

B) Versuchsergebnisse.

I. Versuche in kieseritreichem Hartsalz.

1. Versuche über Bohrschneiden.
   a) Schneidenform und Bohrmehl.
   b) Schneidenform und Stromverbrauch.
   c) Schneidhaltigkeit der Schneiden.
   d) Schneidenform und Vorschub.
   e) Bohrdruck und Vorschub.
   f) Spindeldrehzahl und Vorschub.
   g) Schneidenverschleiß beim Bohren und Schleifen.
2. Versuche über die Form des Bohrloches.
   a) Einfluß der Schneidenbreite.
   b) Einfluß der Bohrlochstiefe.

II. Versuche in langbeinitischen Salzen.

1. Schneidenform und Stromverbrauch.
2. Schneidhaltigkeit der Schneiden.
3. Schneidenform und Vorschub.

Dritter Teil: Auswertung der Versuche.

A) Die verschiedene Bedeutung der ermittelten Werte.

B) Beurteilung der verschiedenen Schneidenformen.

Schluß: Zusammenfassung.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545806_0029

Einleitung.

Der „engste Querschnitt" im Kalibergbau.

Bis zu der im Jahre 1928 erfolgten Einführung der Schrapper im Kalibergbau mußte in den geringmächtigen flachen Kalisalzlagern im Werragebiet das anfallende Haufwerk von Hand geladen werden. Versuche mit Lademaschinen und Schüttelrutschen schlugen hier fehl. Es waren die Gewinnungspunkte im allgemeinen mit drei Mann belegt, und zwar einem Hauer und zwei Förderleuten. Der Hauer schoß in einer Schicht mehr Salz los, als von den beiden Förderleuten geladen werden konnte. Deshalb bohrte er auch nicht während der ganzen Arbeitszeit, sondern er half noch einige Stunden mit beim Laden. Ähnlich lagen die Verhältnisse in anderen Kalirevieren mit flacher Lagerstätte beim Auffahren der Einbruchsorte. Da es keinen Salzmangel gab, bestand eine Dringlichkeit, die Bohrleistung zu erhöhen, nicht. Man glaubte damals mit Recht, vollendete Bohreinrichtungen zu besitzen ([26] S. 111). Eine Gewinnungsleistung von 90—100 dz je Mann (Ortsbelegung) und Schicht war bei dem damaligen Betriebe als gut anzusprechen.

Durch die Einführung der Schrapper änderte sich das Bild grundlegend. Bestand früher die Schwierigkeit im Wegschaffen des Salzes, so bestand sie jetzt im Hereinschießen genügender Haufwerksmengen. Der Schrapper, diese einfache, für den rauhen Grubenbetrieb ideale Einrichtung, bewältigt Mengen, die noch vor wenigen Jahren unmöglich erschienen wären. Hauptbedingung ist aber, daß genügend Haufwerk zur Verfügung steht. Man hat daher heute die Orte im allgemeinen mit zwei Hauern und einem Schrapperfahrer, der gleichzeitig die Wagen füllt, belegt. Mit den früher gebräuchlichen Bohrmaschinen, die mit 550, höchstens aber 840 mm Vorschub je Minute arbeiteten, würden die beiden Hauer auch jetzt nicht die für die volle Ausnutzung des Schrappers erforderliche Salzmenge liefern können. Es sei betont, daß hier immer von geringmächtigen Lagern (etwa 1,70—2,60 m) die Rede ist. Man sah sich daher gezwungen, leistungsfähigere Bohreinrichtungen zu schaffen. Durch die Einführung der Hartmetallschneiden und der verbesserten Bohrmaschinen hat man dann auch Bohrleistungen erzielt, die sehr beachtlich sind. Die Gewinnungsleistung ist auf über 400 dz je Mann und Schicht gestiegen. Trotz dieser großen Leistungsverbesserungen liegt der „engste Querschnitt" des Grubenbetriebes in der Gewinnung, und zwar im Bohrbetriebe.

In nachstehender Arbeit soll über die Versuche des Verfassers berichtet werden, diesen „engsten Querschnitt" nach Möglichkeit zu beseitigen, indem er Mittel und Wege suchte, die Bohrleistung zu erhöhen und diese den übrigen Betriebsverhältnissen anzupassen.

Erster Teil.

Der gegenwärtige Stand der Technik des drehenden Bohrens und Richtlinien für weitere Versuche.

A) Die Grundgedanken des drehenden Bohrens und seine technische Entwicklung.

1. Allgemeine Betrachtungen über das drehende Bohren und die Entwicklung der Drehbohrmaschinen.

Das Bohren der Sprenglöcher in Bergwerksbetrieben erfolgt drehend, stoßend oder schlagend. In dieser Arbeit soll, da sie sich auf das Bohren in Salzgestein beschränkt, nur das drehende Bohren untersucht werden.

Das drehende Bohren wurde Anfang der 60 er Jahre des vorigen Jahrhunderts im deutschen Bergbau eingeführt ([1] S. 255). Drehend bohrte man bis vor wenigen Jahren im allgemeinen nur in weichen oder mittelharten Gesteinen. Durch Einführung neuer Bohrwerkzeuge hat sich das Anwendungsgebiet des Drehbohrens auch auf das Bohren harter Gesteine ausgedehnt.

Während über die Zerkleinerungs- und Zerspanungsvorgänge auf anderen Gebieten, z. B. das Zerspanen der Metalle beim Schruppen und Schlichten, in den letzten Jahren sehr eingehend gearbeitet worden ist (5) (11) (14) (21) (25), muß festgestellt werden, daß über die Vorgänge beim bergmännischen Bohren nur sehr wenige brauchbare Ergebnisse vorliegen. Die Untersuchungen beim Bohren sind wesentlich schwieriger als etwa beim Drehen, denn „die Arbeit erfolgt verdeckt, man kann weder die erzeugte Oberfläche des Loches noch die Schneide beobachten, der Spanabfluß erfolgt unfrei" (20).

Bei der Arbeit des Bohrens wirken 1. eine Kraft P in Richtung der Bohrerachse und 2. ein Drehmoment M_d. Bohrdruck und Spindeldrehzahl sind für die Bohrergebnisse ausschlaggebend. „Nach dem Gesetz der Mechanik, daß

Arbeit gleich Kraft mal Weg ist, könnte die Tourenzahl der Spindel (der Weg) gleichgültig erscheinen, wenn der Bohrdruck (die Kraft) nur entsprechend niedrig gehalten wird. Das ist aber nicht der Fall" ([26] S. 109). Ein gewisser Mindestdruck, der sich nach der Härte des Gesteins richtet, ist erforderlich, um ein Eindringen der Bohrschneide in das Gestein zu ermöglichen. Der Bohrdruck geht hervor aus dem Vorschub der Maschine und dem Widerstande, den das Gestein dem eindringenden Bohrer entgegensetzt. Theoretisch könnte man die Leistung einer Bohrmaschine durch Verstärkung des Motors und der mechanischen Teile beliebig steigern. Hier war es aber bisher das Werkzeug, also die Bohrschneide, das die Leistung begrenzte. Bei den früher gebräuchlichen Stahlschneiden trat infolge der Reibung auf der Bohrlochssohle und der dadurch entstehenden Erwärmung der Schneide starker Verschleiß auf. Die Reibung und somit der Verschleiß stiegen naturgemäß mit erhöhtem Bohrdruck oder vergrößerter Spindeldrehgeschwindigkeit. Noch vor wenigen Jahren wurde deshalb auch von maßgebender Seite geäußert: „Die weitere Leistungssteigerung der Drehbohrmaschinen ist nur durch Verbesserung der Bohrstähle, nicht durch Verstärkung des Motors zu suchen" ([26] S. 111). Erst durch die Einführung der Hartmetallschneiden haben sich die Verhältnisse grundlegend geändert.

Da die Gewinnung der Salze in den Kaligruben ausschließlich durch Schießarbeit geschieht, ist die Bohrarbeit hier von größter Bedeutung. Die zur Aufnahme des Sprengmaterials erforderlichen Bohrlöcher werden heute ausnahmslos mit elektrischen Säulendrehbohrmaschinen hergestellt. Die früher gebräuchlichen Maschinen waren für Handbetrieb eingerichtet. Die einfachste dieser Art war die Handbohrmaschine von Lisbeth (4).

Um die Jahrhundertwende kamen die ersten elektrisch betriebenen Drehbohrmaschinen auf den Markt. In den letzten 30 Jahren sind zahlreiche Bohrmaschinentypen herausgekommen, die ständig Verbesserungen aufwiesen. Von den zur Zeit auf dem Markt befindlichen Säulendrehbohrmaschinen ist die modernste und leistungsfähigste die E 155 der Siemens-Schuckertwerke.

2. Die Entwicklung der Bohrschneiden.

Die zuerst eingeführten Drehbohrer waren sogenannte Handschlangenbohrer mit einer Meißelschneide, welche nur schabend wirkte (Abb. 1). Man erkannte aber bald, daß ein so gebauter Bohrer, welcher die ganze herauszubohrende Masse zu Mehl zerkleinern muß, zuviel Arbeitskraft erfordert, und deshalb verwandelte man die Meißelschneide in eine Zweiflügelschneide (Abb. 2 a u. b). Die Zweiflügelschneiden wirken nicht nur schabend, sondern auch brechend. Es wird also nicht die ganze herausgebohrte Masse zu Mehl zerkleinert, sondern ein Teil davon kann in Stückchen herausgebrochen werden.

Bis zur Einführung der auswechselbaren Bohrschneiden wurden die aus Kohlenstoffstahl hergestellten Bohrgestänge an einem Ende aufgehauen und in die gewünschte Schneidenform ausgeschmiedet. Nach Stumpfwerden mußten die gesamten Gestänge zur Schärfschmiede über Tage und von dort am nächsten Tage wieder vor Ort gebracht werden. Dieser Übelstand wurde durch die Einführung der auswechselbaren Bohrschneiden beseitigt. Zunächst wurde die Schneidenform nicht geändert. Erst die nach 1921 eingeführten sogenannten Brechbohrer zeigten neue Formen. Der erste Bohrer dieser Art war der im Jahre 1921 erfundene Hundrieser Brechbohrer ([27] Abb. 19 a). Später erschienen eine ganze Reihe weiterer Brechbohrerformen auf dem Markt. An und für sich war der Gedanke des Brechbohrers nicht neu. Bereits 1869 hat ein Engländer namens Chubb ([1] S. 270) einen Bohrer konstruiert, der den erst vor wenigen Jahren aufgekommenen Brechbohrern recht ähnlich war. Hatte man damals auch wohl das Prinzip richtig erkannt, so konnte die technische Höchstleistung der Brechbohrer erst durch die Verbesserung der Bohrstähle erzielt werden.

Als nach dem Kriege die Hartmetalle mehr und mehr Eingang in der metallbearbeitenden Industrie fanden (7) (16) (19), versuchte man diese auch für Gesteinsbohrzwecke nutzbar zu machen. Zunächst wurden Hartmetalle als Diamantersatz beim Tiefbohren und horizontalen Kernbohren benutzt (3) (15) (24). Erst später ging man dazu über, auch für das Bohren der Sprenglöcher Hartmetallschneiden anzuwenden (6) (18) (22) (23). Die Ergebnisse waren anfangs sehr unbefriedigend, denn die damals im Handel befindlichen Hartmetalle waren wohl recht hart, aber außerordentlich spröde, so daß die Schneiden nach kurzer Benutzung unbrauchbar wurden. Erst mit Einführung der Widia-Schneiden trat ein Umschwung ein. Das aus gesinterten Wolfram-Karbiden bestehende Widia-Metall ist weniger spröde, als es die übrigen Hartmetalle sind. Seine Brinellhärte wird mit 2000 kg/mm² angegeben (2), die von Schnellstahl mit etwa 700 kg/mm² (13). Während Schnellstahl bei Temperaturen über 600 ° C sehr schnell seine Härte verliert, liegt der Erweichungspunkt für Widia bei etwa 1000 ° C (12). Gerade diese Härtebeständigkeit ist von größter Bedeutung.

Mit der Einführung des Hartmetalls mußte sich zwangsläufig die Schneidenform ändern, da dieses den beim Bohren mit Brechbohrerform auftretenden Stoßwirkungen nicht gewachsen ist. Man kam wieder auf Schneiden, die teils ganz, teils überwiegend schabend arbeiten. Die Folge hiervon war ein höherer Kraftverbrauch. Dieser spielt jedoch im Kalibergbau

gegenüber der Möglichkeit, die Bohrleistung zu erhöhen, eine untergeordnete Rolle. Auf die erhöhte Bohrleistung aber kam es seit Einführung der Schrapper an. Sie konnte aber nur durch Vergrößerung des Vorschubes der Bohrmaschinen erreicht werden. Man mußte entweder eine größere Spanhöhe wählen oder die Spindelumdrehungszahl vergrößern. Zu große Spanhöhe bedeutete Bruchgefahr für die Hartmetallschneiden. Deshalb ging man zu höherer Drehzahl über. Die hierbei auftretende Temperaturerhöhung der Schneiden hat auf das Widia-Metall keinen Einfluß.

Ob man mit Widia ganz oder nur teilweise schabend bohren soll, hängt von der Härte und der Sprödigkeit des Gesteins sowie dem möglichen Vorschub ab. Man muß sich stets das Kernproblem des drehenden Bohrens „Arbeit gleich Kraft mal Weg" vergegenwärtigen. In der Bohrermitte ist der Weg gleich Null. Infolgedessen ist auch die Arbeit gleich Null, und die Kraft wird ∞. Praktisch ist das natürlich nicht möglich. Durch das Schlagen der Maschine wird in der Bohrermitte immer eine gewisse Brechwirkung auftreten, so daß die Arbeit nicht gleich Null und die Kraft entsprechend nicht ∞ wird. Immerhin wird beim Bohren mit voller Schneidenspitze in der Bohrermitte der Kraftverbrauch höher sein als bei Verwendung einer Kerbschneide.

Die heutigen hohen Bohrleistungen sind nur durch die Einführung des Widia-Metalls möglich geworden. Daß später noch geeignetere Schneidmetalle erfunden werden, ist anzunehmen. Vorläufig muß man aber das Widia-Metall als das für Drehbohrzwecke geeignetste Material bezeichnen. Die nachstehend aufgeführten Versuche beschränken sich deshalb auf Untersuchungen von Widia-Schneiden verschiedener Formen, da ja nur Schneiden untersucht werden sollten, die gegenüber den früher üblichen einen Fortschritt bedeuten. Es sind lediglich die bisher gebräuchlichsten Stahlschneiden zum Vergleich mit aufgeführt. Die mit anderen Hartmetallen durchgeführten Vorversuche sind, da sie völlig fehlschlugen, nicht berücksichtigt worden.

B) Zweck und Aufgabe der folgenden Versuche.

Wie schon in der Einleitung gesagt ist, sollte der Zweck und die Aufgabe der folgenden Versuche darin bestehen, die Bohrleistung zu erhöhen. Die neuesten Bohrmaschinen und die Bohrgestänge sind so beschaffen, daß sie bei den bisher üblichen Bohrgeschwindigkeiten nicht ausgenutzt wurden. Schwierigkeiten bereitete dagegen die Bohrschneidenfrage. Hier mußten die Untersuchungen einsetzen. Mit theoretischen Erwägungen und durch Laboratoriumsversuche läßt sich diese Aufgabe nicht restlos lösen. In dem Aufsatz von Schulz und Merz (24) heißt es sehr richtig: „Im übrigen kann die Entscheidung über die Wahl von Bohrerstoff und Bohrerform nicht auf theoretischem Wege, sondern nur auf Grund planmäßiger Versuche getroffen werden. Wahrscheinlich wird man sich entschließen müssen, für die verschiedenen Gesteine verschiedene Bohrstoffe und verschieden ausgebildete Bohrer zu benutzen."

Verfasser hatte es sich zur Aufgabe gemacht, systematisch die Bohrschneidenfrage durch Dauerversuche zu klären. Er legte, ähnlich wie es Taylor für die spanabhebende Formung durch Drehen, Fräsen usw. getan hat, Hauptveränderliche fest (siehe S. 8ff.), mit Hilfe derer versucht werden sollte, aus den in den letzten Jahren auf den Markt gebrachten Bohrschneiden diejenigen herauszufinden, bzw. neue Schneiden zu entwickeln, die bei den besonders im Werragebiet vorkommenden Kalisalzen die Höchstleistung der Arbeit gestatten.

Zweiter Teil:
Berichte über die angestellten Versuche.

A) Die Versuchsmittel.

I. Versuchsanordnung.

Die Versuche wurden auf der im Werragebiet gelegenen Schachtanlage Hattorf der Kaliwerke Aschersleben durchgeführt. Der Wichtigkeit der in diesem Kalirevier vorkommenden Salze entsprechend sind die eingehendsten Versuche im Hartsalz durchgeführt. Die Härte dieses Salzes wird durch den Kieseritgehalt, der zwischen 5 und 40 % schwankt und im Mittel 15—20 % beträgt, stark beeinflußt. Mit zunehmender Härte des Salzes steigen naturgemäß auch die Schwierigkeiten beim Bohren. Es wurde deshalb für die Hauptversuche absichtlich ein Salz mit hohem Kieseritgehalt gewählt, das etwa folgende Zusammensetzung hatte:

Sylvin	18,00 %,
Kieserit	38,97 %,
Steinsalz	42,02 %,
Anhydrit	0,77 %,
Unlösliches	0,14 %,
Feuchtigkeit	0,10 %.
	100,00 %.

Noch größere Schwierigkeiten als das Bohren kieseritreicher Hartsalze bietet das Bohren langbeinitischer Salze, die häufig als Einlagerungen im Hartsalz angetroffen werden. Die Versuche wurden aus diesem Grunde auch in langbeinitischen Salzen von etwa folgender Zusammensetzung durchgeführt:

Langbeinit	37,82 %,
Steinsalz	60,78 %,
Anhydrit	0,68 %,
Unlösliches	0,26 %,
Feuchtigkeit	0,46 %.
	100,00 %.

Das gutartigste Salz in bezug auf Bohren ist der Carnallit. Infolge seiner geringen Härte und

großen Sprödigkeit setzt er dem eindringenden Bohrer nur geringen Widerstand entgegen. Auf Bohrversuche in diesem Salz wurde verzichtet, da ein Bedürfnis, die Bohrleistung durch Verwendung anderer als der bisher üblichen Schneiden zu erhöhen, nicht besteht.

Soweit nicht besonders auf Ausnahmen hingewiesen ist, sind sämtliche Versuchsbohrlöcher mit Schneiden von 36 mm Durchmeser horizontal und parallel zur Gebirgsschichtung gebohrt. Die Bohrlöcher wurden stets in denselben Salzschichten angesetzt, die Zusammensetzung der Salze durch Analysen überwacht. Auf diese Weise konnte mit einem praktisch homogenen Gebirge gerechnet werden. Trotz dieser Vorsichtsmaßnahmen war es nicht zu umgehen, daß innerhalb derselben Salzschichten härtere und weichere Einlagerungen angetroffen wurden, die auf die Beobachtungsergebnisse nicht ohne Einfluß blieben, sich aber bei der Länge der Versuche ausglichen.

Grundsätzlich wurden alle Versuche mindestens zweimal durchgeführt und die gefundenen Mittelwerte zugrunde gelegt. Von jeder Schneidenform sind ebenfalls mindestens zwei Schneiden, meist jedoch mehr, benutzt, um Zufallsergebnisse auszuschalten.

Von der Messung der Schneidentemperaturen beim Bohren (17) wurde Abstand genommen, da genaue Messungen, wie sie z. B. beim Abdrehen von Metallen ausgeführt werden können (8) (9) (10), bei dem rauhen Betriebe in der Grube kaum möglich sind, und weil die Temperaturen, die beim Bohren in Salzen erreicht werden, auf Widia-Metall keinen Einfluß haben. Nur durch die metallographische Untersuchung einer Stahlschneide konnte festgestellt werden, daß sich diese auf über 600 ° C erwärmt hatte.

Die Bohrversuche konnten in abgelegenen Feldesteilen, in denen sonst kein Betrieb umging, durchgeführt werden. Das hatte den Vorteil, daß keine Stromschwankungen auftraten. Sowohl die Spannung als auch der cos φ blieben während der ganzen Versuchsdauer praktisch unverändert. Insgesamt sind rund 40 000 m abgebohrt worden.

Nachdem die Versuche ergeben hatten, daß sich bei Verwendung der gleichen Maschine der Vorschub mit steigender Brechwirkung vergrößern läßt, diese Vorschubsteigerung aber auf Kosten der Haltbarkeit der durch größere Einkerbungen geschwächten Bohrschneiden geht, versuchte Verfasser Schneiden auszubilden, mit denen wohl eine gewisse Brechwirkung zu erzielen ist, die aber möglichst nicht durch Einkerbungen geschwächt sind und die kleinstmögliche Anzahl von dem Verschleiß unterworfenen Angriffsspitzen haben. So entstanden Schneiden mit exzentrisch arbeitenden Schneidspitzen.

Für die drei typischen Schneidenformen 1 (Hundrieser Brechbohrer), 7 (ganz schabende Widia-Schneide) und 22 (exzentrisch wirkende Widia - Schneide) sind Kurvenblätter angelegt (S. 29 — 30), auf denen die Stromaufnahme und der Vorschub, die Ergebnisse der Siebanalysen des Bohrmehles, sowie der Bohr- und Schleifverschleiß der Schneiden aufgetragen sind.

Die Untersuchungen bezogen sich auf die folgenden Hauptveränderlichen:

1. Schneidenform und Bohrmehl;
2. Schneidenform und Stromverbrauch;
3. Schneidhaltigkeit der Schneiden;
4. Schneidenform und Vorschub;
5. Bohrdruck und Vorschub;
6. Spindeldrehzahl und Vorschub;
7. Schneidenverschleiß beim Bohren und Schleifen;
8. Einfluß der Schneidenbreite;
9. Einfluß der Bohrlochstiefe.

1. Schneidenform und Bohrmehl.

Um Rückschlüsse auf die Schneidenarbeit der verschiedenen Bohrer ziehen zu können, wurden die Bohrmehle durch Siebanalyse hinsichtlich ihrer Korngröße untersucht. Damit eine Zerkleinerung des Bohrmehles durch das Bohrgestänge vermieden wurde, fand nur das aus den Bohrlochsteilen von 5—15 cm Tiefe aufgefangene Mehl Verwendung. Zur Absiebung gelangte das gesamte Bohrklein. Die beim Sieben auftretenden Verluste betrugen im Mittel 0,29 %. Sie wurden dem Siebdurchgang zugeschlagen.

2. Schneidenform und Stromverbrauch.

Während des Bohrens wurde der Stromverbrauch ständig beobachtet, genaue Ablesungen jedoch nur nach je zehn Bohrmetern bei Benutzung der ersten Bohrstange von 1600 mm Länge vorgenommen, um eine einwandfreie Vergleichsbasis zu haben. Da die Spannung möglichst konstant auf 220 Volt gehalten wurde, und der cos φ, wie bereits erwähnt, praktisch immer gleich blieb, genügte die Ablesung der Stromstärke. Da Drehstrom zur Verfügung stand, ist die oben geschilderte Meßmethode wissenschaftlich nicht genau, denn bei Drehstrom setzt sich die Leistung aus den Leistungen der einzelnen Phasen zusammen. Es müßten also eigentlich immer beide Phasen gemessen werden. Nach der Zweiwattmetermethode wurden denn auch einige Kontrollmessungen durchgeführt. Sie ergaben mit den einfachen Messungen eine so gute Übereinstimmung, daß auf die Weiterbenutzung der sehr empfindlichen für die Zweiwattmetermethode nötigen Instrumente verzichtet werden konnte.

3. Schneidenform und Vorschub.

Daß die Schneidenform von ausschlaggebender Bedeutung für den Vorschub ist, läßt sich am besten aus den Versuchen mit der auf dem Bohrwagen beweglichen Maschine ersehen. Bei gleichem Druck und gleicher Spindelumdrehungszahl treten hierbei sehr unterschiedliche Vorschübe bei den einzelnen Schneiden

auf. Gemessen wurde der Vorschub genau wie der Stromverbrauch sowohl bei der Maschine in der Spannsäule als auch bei der auf dem Bohrwagen liegenden Maschine immer bei Verwendung der ersten Bohrstange.

4. Bohrdruck und Vorschub.

Der Einfluß des Bohrdruckes wurde unter Zuhilfenahme des schon erwähnten und weiter unten beschriebenen Bohrwagens gemessen. Da der selbsttätige Vortrieb aus der Maschine entfernt war, konnte der Bohrdruck nur durch die aufgelegten Gewichte erzielt werden. Bei den Versuchen wurde der Bohrdruck bei gleichbleibender Spindeldrehzahl verändert.

5. Spindeldrehzahl und Vorschub.

Die Untersuchungen über den Einfluß der Spindeldrehzahl auf den Vorschub wurden in gleicher Weise durchgeführt wie die über den Einfluß des Bohrdruckes. Nur wurden hier die Spindeldrehzahlen verändert, während der Bohrdruck innerhalb der Versuchsreihen der gleiche blieb.

6. Schneidhaltigkeit der Schneiden.

Zwecks Feststellung der Schneidhaltigkeit der einzelnen Schneiden wurde in kieseritreichem Hartsalz und langbeinitischen Salzen mit verschiedenem Vorschub und verschiedener Spindelumdrehungszahl so lange gebohrt, bis die Schneiden für die Bohrarbeit unbrauchbar geworden waren. Als unbrauchbar wurde eine Schneide angesehen, wenn infolge der Abstumpfung die Stromaufnahme über das zulässige Maß hinausging, der Vorschub beträchtlich abnahm oder die Maschine bei Verwendung der betreffenden Schneide so erheblich schlug, daß ein normales Bohren nicht mehr möglich war. Der Grund des Abbrechens der Bohrversuche ist auf den Kurvenblättern und der Zahlentafel 4 vermerkt.

Die für die Maschine zulässige Stromaufnahme bei 220 Volt gibt die Lieferfirma mit 9,5 Ampere an. Falls das Dauerbohren nicht wegen Schlagens der Maschine aufgegeben werden mußte, wurde das Bohren mit jeder Schneide so lange fortgesetzt, bis die Stromaufnahme ständig über 9,5 Ampere betrug. Da die Messungen immer nur bei Verwendung der ersten Bohrstange vorgenommen wurden, konnte dann mit Bestimmtheit mit einer Überlastung der Maschine bei normalem Bohrbetrieb gerechnet werden, denn der Stromverbrauch steigt, wie weiter unten ausgeführt werden wird, mit zunehmender Bohrlochstiefe erheblich, und die Bohrlöcher im praktischen Betriebe erreichen eine Tiefe bis zu 6 m und darüber.

7. Schneidenverschleiß beim Bohren und Schleifen.

Zwecks Feststellung des Schneidenverschleißes wurden die Schneiden vor und nach dem Bohren sowie nach je 100 m Bohrleistung gewogen. Die Schleifverluste sind durch Wiegen der Schneiden vor und nach dem Schleifen ermittelt.

8. Einfluß der Schneidenbreite.

Von ganz besonderem Einfluß auf die Bohrleistung ist die Schneidenbreite. Der im Kalibergbau gebräuchlichste Schneidendurchmesser beträgt 36 mm. Nur die mit flüssigem Sauerstoff schießenden Werke benutzen Schneiden von 45 mm Durchmesser. Um genaue Vergleichswerte zu erhalten, wurden alle Versuchsschneiden auf genau 36 mm gebracht. Zum Zwecke der Prüfung des Einflusses der Schneidenbreite sind mit einigen Formen Versuche mit Schneiden verschiedenen Durchmessers durchgeführt worden. Es sollten hierbei einmal der Stromverbrauch, zum anderen der Vorschub bei den verschiedenen Schneidenbreiten festgestellt werden. Letzterer wurde mit der auf dem Bohrwagen beweglichen Maschine ermittelt.

9. Einfluß der Bohrlochstiefe.

Um den Einfluß der Bohrlochstiefe, d. h. mit anderen Worten den Einfluß der Bohrgestängereibung und des Bohrmehltransportes auf den Stromverbrauch untersuchen zu können, wurden 6 m tiefe Bohrlöcher in den Stoß gebohrt, und zwar söhlig, mit 10° steigend und mit 10° fallend. Von Meter zu Meter wurde der aufgenommene Strom gemessen. Um andererseits den Einfluß der Bohrlochstiefe auf den Vorschub prüfen zu können, wurde mit Hilfe der auf dem Bohrwagen beweglichen Maschine ohne selbsttätigen Vortrieb der natürliche Vorschub gemessen. Die Untersuchungen beschränkten sich hierbei auf söhlige Löcher.

II. Die bei den Versuchen benutzten Hilfsgeräte.

1. Bohrmaschinen.

Bei sämtlichen Versuchen wurde einunddieselbe Maschine benutzt, und zwar eine SSW.-Säulendrehbohrmaschine E 155 (18). Durch die verlängerte Bohrspindel, die eine nutzbare Länge von 1750 mm gegenüber 900 mm bei der normalen Spindel aufweist, unterschied sie sich von der üblichen Serienausführung. Die Maschine ist für eine Leistung von 2,3 kW gebaut. Spindeldrehzahl und Vorschub können durch Auswechseln entsprechender Zahnräder in weiten Grenzen verändert werden. Abb. 12 zeigt die E 155 in einer Spannsäule verlagert.

2. Bohrwagen.

Um die Wirkungen des Bohrdruckes und der Spindeldrehzahl unabhängig voneinander beobachten zu können, wurde eine nach Angaben des Verfassers gebaute, auf Abb. 13 dargestellte, Einrichtung benutzt. Die Bohrmaschine ist dabei auf einem Bohrwagen, der sich auf in Kugellagern laufenden Rädern zwischen zwei U-Eisen bewegt, verlagert. Mittels Seilzug und Gewichtsbelastung wird die Maschine in Richtung des Bohrloches vor-

getrieben. Die Seil- und Rollenreibung kann durch Zusatzgewichte ausgeglichen werden. Die Laufschienen des Wagens befinden sich auf einer Schiebebühne, die mit Hilfe von vier Spannsäulen in der gewünschten Höhenlage gehalten wird. Um das jedesmalige Herunternehmen der Gewichte beim Zurückziehen der Maschine zu vermeiden, ist am Ende der Laufschienen für den Bohrwagen eine Schneckenwinde angebracht, die ein leichtes Zurückbewegen der Maschine bei voller Gewichtsbelastung ermöglicht. Die Bohrlochstiefe kann an einer Skala, auf der sich ein am Bohrwagen angebrachter Zeiger bewegt, abgelesen werden.

3. Bohrgestänge.

Für die mit 36- und 39-mm-Schneiden durchgeführten Versuche wurden Bohrstangen vom Schwertprofil 34 × 18,5 benutzt, die 38 Windungen auf einen laufenden Meter haben, für die 42- und 45-mm-Schneiden sind Schwertprofilgestänge 42 × 22 mm mit 30 Windungen auf 1 lfd. m, für die 48- und 51-mm-Schneiden solche von 45 × 25 mm mit ebenfalls 30 Windungen auf 1 lfd. m zur Anwendung gekommen. Die Stangen waren je 1600 mm abgesetzt.

4. Siebgeräte.

Für die Absiebung des Bohrmehles fand ein Siebsatz von DIN-Rundsieben mit 5, 4, 3, 2, 1, 0,75, 0,5, 0,3, 0,2, 0,1 und 0,075 mm Maschenweite Verwendung.

5. Elektrische Meßinstrumente.

Die elektrischen Messungen wurden mit einer Meßeinrichtung, die aus einem Voltmeter der Firma Siemens & Halske mit einem Meßbereich von 0 bis 250 Volt, einem Amperemeter der Firma Voigt & Haeffner mit Meßbereich von 0 bis 40 Amp. und einem Amperemeter mit Meßbereich von 0 bis 10 Amp. von der Firma Siemens & Halske bestand, ausgeführt. Für die nach der Zweiwattmeter-Methode durchgeführten Kontrollmessungen fanden Präzisionsinstrumente der Firma Siemens & Halske Verwendung.

III. Die Bohrschneiden.

Für die Versuche wurden 26 verschiedene Bohrschneidenformen (Abb. 14 a u. b) benutzt, die nach folgenden Gesichtspunkten eingeteilt worden sind:

1. Stahlschneiden.
2. Widia-Schneiden.

Die Widia-Schneiden sind unterteilt in Zweiplättchen- und Einplättchenschneiden. Da die Unbrauchbarkeit der Zweiplättchenschneiden durch die ersten Versuche erwiesen werden konnte, ist auf die weitere Unterteilung dieser Gruppe verzichtet. Die Einplättchenschneiden dagegen wurden in folgende Unterabteilungen zergliedert:

a) Schneiden mit Angriffsspitzen in der Schneidenmitte.
   1. Mittelspitzvollschneiden.
   2. Mittelspitzkerbschneiden.
b) Schneiden mit Angriffsspitzen an den Schneidflanken.
   1. Randspitzvollschneiden.
   2. Randspitzkerbschneiden.
c) Schneiden mit waagerechten Schneidrücken (Flachschneiden).
d) Schneiden mit exzentrisch wirkenden Schneidspitzen (exzentr. Spitzschneiden).
e) Spezialformen.

Die Schneiden sind laufend von 1 bis 26 numeriert.

Die Schneiden Nr. 1 u. 24 sind von der Bamag, Nr. 6, 7 u. 8 von den Siemens-Schuckertwerken, Nr. 2 u. 10 von der Firma Böllinghaus, Remscheid, Nr. 9 von der Firma Prager, Halle, alle übrigen Schneiden von der Fried. Krupp AG. geliefert worden, wobei noch bemerkt sei, daß die Schneidformen Nr. 20, 21, 22 u. 23 im Verlaufe dieser Arbeit nach Angaben des Verfassers hergestellt worden sind.

Die einzelnen Schneiden seien nachfolgend kurz beschrieben:

Nr. 1 (Hundrieser Brechbohrer aus Schnellstahl, Abb. 19 a) [1]).

Nr. 2 (Böllinghaus-Zweiflügelschneide aus Schnellstahl).

Auf die Beschreibung der Schneiden 1 u. 2 kann verzichtet werden, da diese seit Jahren allgemein bekannt sind. Die Schneiden Nr. 3, 4, 5 u. 6 sind Widia-Zweiplättchenschneiden. Die Kerbe in der Schneidenmitte ist so groß, daß der stehenbleibende Kern nicht mehr vollständig herausgebrochen werden kann, sondern durch die Innenkanten der Widia-Plättchen mit abgeschabt werden muß. Die beiden Plättchen bieten infolge ihrer hierfür unzureichenden Befestigung den dabei auftretenden Kräften zu wenig Widerstand. Die unausbleibliche Folge ist die Zerstörung der Schneiden.

Viel widerstandsfähiger sind die Einplättchenschneiden Nr. 7—26.

Nr. 7 (Abb. 20 a) besteht aus einem stumpfwinkligen Widia-Plättchen ohne Einkerbung in der Schneidenmitte. Die Brustflächen sind am oberen Ende mit einer stark ausgeprägten Facette versehen, so daß eine Schneidkante entsteht, die infolge ihrer Anordnung nur schabend wirken kann.

Nr. 8 ist der Nr. 7 ähnlich. Sie unterscheidet sich aber von ihr durch den in der Schneidenmitte ausgeführten Hohlschliff, der eine Verkleinerung der bremsend wirkenden Mittelspitze erzielen soll, und besonders durch das Fehlen des Facettenschliffes an der Brustfläche.

---

1) Von dem Hundrieser Stahlbrechbohrer Nr. 1, der Mittelspitzvollschneide Nr. 7 und der exzentrischen Spitzschneide Nr. 22 sind, da sie typische Vertreter darstellen, größere Aufnahmen beigefügt. Die Vorderansichten sind in $^3/_4$ Größe, die Schneidkanten, die vor und nach dem Bohren photographiert wurden, in $2^1/_4$ facher Vergrößerung auf den S. 27—28 dargestellt.

Nr. 9 hat in der Schneidenmitte eine flache Kerbe von 4 mm Breite. Der die Transportschnecke der Bohrstange einleitende Hinterschliff, der eine Vergrößerung des Brustwinkels bedingt, soll eine bessere Bohrmehlabführung bewirken.

Nr. 10 weist eine 9 mm breite, flache Kerbe in der Schneidenmitte auf. Der Hinterschliff ist bei dieser Schneide besonders stark ausgebildet, so daß das Widia-Plättchen nach dem unteren Ende zu immer schwächer wird. Der Brustwinkel beträgt etwa 110°. Es sei bei dieser Schneide besonders auf den sehr schwachen Stahlträger hingewiesen.

Nr. 11 hat eine flache Einkerbung in der Schneidenmitte von 7 mm Breite. Die vorderen Schneidrücken steigen von der Schneidflanke aus nach der Schneidenmitte zu mit 10° an.

Nr. 12 hat eine 10 mm breite, flache Einkerbung. Von der Nr. 11 unterscheidet sie sich außerdem durch den größeren Winkel des vorderen Schneidrückens.

Nr. 13 u. 14 unterscheiden sich nur durch die Winkelverhältnisse der vorderen Schneidrücken voneinander. Beide Formen sind mit einer tiefen, 9 mm breiten Kerbe versehen.

Angriffsspitzen an den Schneidflanken haben die Schneiden Nr. 15—17.

Nr. 15 stellt etwa das Entgegengesetzte zu den Formen Nr. 7 u. 8 dar.

Nr. 16 u. 17 haben wiederum eine tiefe Einkerbung in der Schneidenmitte von 9 mm Breite. Sie unterscheiden sich untereinander durch die Größe des Winkels, der durch den vorderen Schneidrücken und die durch die Schneidflanke gehende Waagerechte gebildet wird.

Die Schneiden Nr. 18 u. 19 haben waagerechte vordere Schneidrücken. Der Unterschied zwischen ihnen liegt in der Breite und Tiefe der Einkerbung in der Schneidenmitte.

Abweichend von den bisher üblichen Schneidenformen sind die Schneiden Nr. 20 bis 23 mit exzentrisch arbeitenden Schneidspitzen.

Nr. 20 hat zwei Schneidspitzen, von denen die eine am Schneidrande, die andere etwa in der Schneidenmitte liegt. Letzterer ragt 4 mm über die Außenspitze hervor.

Nr. 21 gleicht der Nr. 20, nur befinden sich hier die beiden Spitzen in gleicher Höhe.

Nr. 22 (Abb. 21a) hat ebenfalls zwei Schneidspitzen, jedoch ist die innere mehr aus der Schneidenmitte herausgerückt, so daß die vorderen Schneidrücken ungleiche Länge haben.

Bei der Schneide Nr. 23 liegt die Innenspitze auch exzentrisch. In der Schneidenmitte befindet sich außerdem eine 9 mm breite, tiefe Kerbe.

Die letzte Gruppe der Einplättchenschneiden zeigt drei Vertreter von Spezialschneiden.

Nr. 24 ist ein Hundrieser Brechbohrer aus Widia-Metall.

Nr. 25 hat bogenförmig gekrümmte vordere Schneidrücken von gleicher Breite.

Nr. 26 weist vier Schneidspitzen auf, die symmetrisch angeordnet sind.

Die Winkelbezeichnungen der Schneiden sind auf der Abb. 3 dargestellt. Mit Ausnahme der Formen Nr. 9 u. 10 haben alle Schneiden einen Brustwinkel von 90°. Die Winkelverhältnisse der vorderen Schneidrücken sind aus den Abb. 15a u. b ersichtlich. Der Rückenwinkel lag bei den Widia-Schneiden bei etwa 20°. Diese Winkelgröße hat sich durch die Vorversuche des Verfassers im praktischen Betriebe als die brauchbarste erwiesen. Wird der Rückenwinkel bei Widia-Schneiden größer gewählt, so besteht die Gefahr des Ausbrechens der Schneidkanten. Der Rückenwinkel der beiden Stahlschneiden betrug 35°. Wegen der leichteren Abstumpfung dieser Schneiden muß er und wegen der größeren Zähigkeit des Stahles kann er größer genommen werden als bei Widia-Schneiden (22) (23).

B) Versuchsergebnisse.

I. Versuche in kieseritreichem Hartsalz.

1. Versuche über Bohrschneiden.

a) Schneidenform und Bohrmehl.

Die siebanalytischen Untersuchungen zeigten erhebliche Unterschiede in der Korngröße der Bohrmehle der verschiedenen Schneidenformen. Das gröbste Korn wurde mit der Hundrieser Stahlschneide (Nr. 1) erzielt. 18,83 % des gesamten Bohrmehles waren größer als 5 mm, dagegen betrug der Durchgang des Siebes mit 0,075 mm Maschenweite nur 8,86 %. Rund 40 % des Bohrkleins lagen über 1 mm Größe.

Das feinste Bohrmehl lieferte die Mittelspitzvollschneide Nr. 7 mit 19,79 % unter 0,075 mm. Bohrmehl über 5 mm wies diese Schneide nur 0,03 % auf. Die schabende Arbeitsweise tritt hier besonders deutlich hervor.

Eine sehr gute Brechwirkung wurde mit der exzentrischen Spitzschneide Nr. 22 erzielt. 27,22 % des Bohrkleins lagen hier über 1 mm. Es sei im übrigen auf die Zahlentafel 2 verwiesen, aus der die gefundenen Werte ersichtlich sind.

b) Schneidenform und Stromverbrauch.

Der Stromverbrauch der einzelnen Schneiden hängt ebenso wie die Korngröße des Bohrmehls von der Schneidenform ab. Je größer die Anfallmenge an grobem Bohrklein ist, desto geringer ist der Stromverbrauch. Am meisten Strom verbrauchte die Mittelspitzvollschneide Nr. 7, am wenigsten die Hundrieser Stahlschneide Nr. 1. Das war nach den Bohrmehlanalysen vorauszusehen. Ein Vergleich zwischen den bei Beginn des Bohrens abgelesenen Stromaufnahmen und den Bohrmehlanalysen läßt die Abhängigkeit gut erkennen.

Des weiteren wurde das Ansteigen des Stromverbrauches beim Abstumpfen der Schneide beobachtet. Es ergaben sich hierbei recht inter-

essante Ergebnisse. Mit allen 26 Schneidenformen wurde zunächst mit einem Vorschub von 1340 mm je Minute und einer Spindelumdrehungszahl von 450 je Minute gebohrt. Bei den verwendeten Stahlschneiden trat eine Überschreitung des zulässigen Stromverbrauchs bereits nach etwa 60 m ein. Die beste Leistung erzielte die exzentrische Spitzschneide Nr. 22, die nach 730 Bohrmetern nur 9,4 kW aufnahm. Dann stieg allerdings der Stromverbrauch sehr schnell auf 11 kW an.

Für die ganz oder fast ganz schabend arbeitenden Schneiden war der Vorschub von 1340 mm je Minute schon zu hoch. Man konnte dies deutlich an den Mittelspitzvollschneiden Nr. 7 u. 8, der Mittelspitzkerbschneide Nr. 9 und der Spezialschneide Nr. 25 erkennen. Nach verhältnismäßig wenigen Bohrmetern stieg die Stromaufnahme erheblich an. Besonders aber das Bohren mit langen Bohrstangen bereitete hier Schwierigkeiten, da das fast restlos zu Mehl zermahlene Bohrklein nicht genügend schnell abgeführt werden konnte. Die dadurch entstehende Reibung verursachte zum großen Teil das Ansteigen des Kraftbedarfes. Die Schneiden waren nicht übermäßig abgestumpft, und es hätte mit ihnen bei geringerem Vorschub weitergebohrt werden können. Es war jedoch nicht Zweck der Arbeit, für diese Schneide den geeigneten niedrigeren Vorschub zu suchen, es sollten im Gegenteil für möglichst hohen Vorschub geeignete Schneiden gefunden werden.

Die weitere Steigerung des Vorschubes auf 1820 mm je Minute unter Beibehaltung der Spindeldrehzahl 450 war ein Fehlschlag. Sämtliche Schneiden hatten schon bei Beginn des Bohrens eine die zulässige Grenze übersteigende Stromaufnahme. Es wurden deshalb die Spindelumdrehungen auf 550 je Minute erhöht. Der sich hierbei ergebende höchstmögliche Vorschub von 2100 mm je Minute war ebenfalls wegen der hohen Stromaufnahme nicht zu verwenden. Daher mußte auf den Vorschub von 1560 mm je Minute zurückgegangen werden. Mit diesem wurde nur noch mit den Schneiden Nr. 7, 8, 9, 11, 22 u. 26 gebohrt. Die übrigen Formen schieden aus. Die Gründe hierfür sind in dem Kapitel „Schneidhaltigkeit" aufgeführt.

Die Mittelspitzvollschneide Nr. 7 begann mit einer Stromaufnahme von 10,5 Ampere, war also nicht zu verwenden. Von den übrigen Schneiden erzielte die exzentrische Spitzschneide Nr. 22 das beste Ergebnis. Es zeigte sich, daß im allgemeinen die Anfangsstromaufnahme bei dem höheren Vorschub und der größeren Spindeldrehzahl um etwa 1 Ampere höher lag als bei dem Vorschub von 1340 mm je Minute und $n = 450$. Nur bei der Spezialschneide Nr. 26 betrug der Unterschied 1,4 Ampere. Das dürfte auf das schnellere Abarbeiten der schwachen Bohrspitzen bei dem erhöhten Vorschub zurückzuführen sein.

c) Schneidhaltigkeit der Schneiden.

Gleichzeitig mit den Stromverbrauchsbeobachtungen wurde die Feststellung über Schneidhaltigkeit der Schneiden gemacht. Auch hier begannen die Versuche mit einem Vorschub von 1340 mm je Minute bei einer Spindeldrehzahl von 450 je Minute. Es zeigte sich dabei sehr bald, welche Schneidenformen für diese hohen oder noch höheren Beanspruchungen ungeeignet waren. Sie wurden ausgeschieden, da weitere Versuche mit ihnen zwecklos gewesen wären. Nachstehend sind diese Schneiden aufgeführt und die Gründe, die ihre Ausscheidung rechtfertigen, angegeben:

Mit den Stahlschneiden Nr. 1 u. 2 sind bei einem Vorschub von 1340 mm je Minute und einer Spindeldrehzahl $n = 450$ je 60 m gebohrt worden. Das war das Äußerste, was mit ihnen geleistet werden konnte. Beim Dauerbohren erwärmen sich die Schnellstahlschneiden derartig, daß sie häufig schon nach kurzer Betriebszeit verdorben sind. Auf diesen Punkt wird bei den Versuchen in langbeinitischen Salzen noch eingegangen werden. Man könnte auf dem Standpunkt stehen, daß man entsprechend mehr Schneiden für jede Maschine zur Verfügung hält, um auf diese Weise je Maschine die gleichen Bohrleistungen wie mit Widia-Schneiden zu erzielen. Die Kostenfrage, die, wie hier schon bemerkt sei, zugunsten der Widia-Schneiden ausfällt, soll nicht einmal berücksichtigt werden. All die Unbequemlichkeiten und Zeitverluste, die durch das häufige Auswechseln der glühendheißen Schneiden, den Transport zur Schärfschmiede usw. verursacht werden, sprechen aber gegen die Verwendung von Stahlschneiden für derartig hohe Bohrleistungen. Will man mit Stahlschneiden in harten Salzen bohren, so muß man sich mit einem Vorschub von 400—800 mm je Minute begnügen. Da aber in dieser Arbeit nur Schneiden untersucht werden sollen, die sich für möglichst hohe Vorschübe eignen, fielen Stahlschneiden für die weiteren Versuche aus.

Die Widia-Zweiplättchenschneiden Nr. 3—6 mußten ebenfalls ausgeschieden werden, da von ihnen 50 % restlos durch Ausbrechen zerstört wurden. Es ist einleuchtend, daß mit derartig empfindlichen Schneiden kein praktischer Bohrbetrieb durchgeführt werden kann.

Weiter fiel die Mittelspitzkerbschneide Nr. 10 aus, da sie wegen des starken Hinterschliffes sehr häufig zerstört wurde. Verfasser hatte Gelegenheit, gerade diese Schneidenform während mehrerer Jahre im laufenden Betriebe zu beobachten. Bei den meisten Schneiden zeigte sich infolge des Hinterschliffes und des schwachen Stahlträgers nach kurzer Betriebsdauer Rißbildung in der Schneidenmitte (Abb. 17), die bei weiterer Beanspruchung zur völligen Zerstörung führen muß (Abb. 16).

Die Mittelspitzkerbschneide Nr. 12 wurde ebenfalls nicht zu Versuchen mit höherem Vor-

schub benutzt, da sie der Nr. 11 sehr ähnlich, jedoch dieser in der Leistung unterlegen war.

Die Schneiden Nr. 13, 14, 16, 17, 19 u. 23 haben sämtlich eine 9 mm breite, tiefe Einkerbung in der Schneidenmitte. Dadurch tritt eine starke Schwächung des Widia-Plättchens ein, so daß dieses häufig bricht (siehe z. B. Abb. 18). Bei den Versuchen mit diesen stark gekerbten Schneiden wurden rund ein Drittel nach kurzer Betriebsdauer völlig zerstört. Es war deshalb zwecklos, weitere Versuche mit diesen Formen durchzuführen.

Die Randspitzvollschneide Nr. 15 hat die Angriffsspitzen an den Schneidflanken. Diese Anordnung ist sehr ungünstig. Sie erschwert das Anbohren, da die Führung in der Schneidenmitte fehlt, und begünstigt aus demselben Grunde das „Verlaufen" der Löcher. Die Angriffsspitzen werden, da sie sich an den Stellen der höchsten Umfangsgeschwindigkeit befinden, sehr schnell abgenutzt. Die Randspitzkerbschneiden Nr. 16 u. 17 weisen dieselben Mängel auf.

Ungeeignet für hohe Bohrleistungen sind auch die Flachschneiden Nr. 18 u. 19, da sie ebenfalls einen ungünstigen Einfluß auf das Anbohren und Richtunghalten des Bohrloches haben.

Von den exzentrisch arbeitenden Schneiden schied, wie bereits erwähnt, die Nr. 23 wegen der tiefen und breiten Einkerbung aus. Für weitere Versuche blieben außerdem die Nr. 20 und 21 unberücksichtigt, da diesen die exzentrische Spitzschneide Nr. 22 weit überlegen war.

Von den fünf zur Verfügung stehenden Hundrieser Widia-Schneiden Nr. 24 brachen vier nach Bohrleistungen, die unter 100 m (zwei davon sogar unter 50 m) lagen. Die fünfte Schneide wurde nach 160 Bohrmetern restlos zerstört.

Bei Verwendung der Spezialschneide Nr. 25 schlug die Maschine nach verhältnismäßig wenigen Bohrmetern jedesmal so stark, daß das Bohren eingestellt werden mußte.

Für die Versuche mit höherem Vorschub (1560 mm je Minute) blieben nur noch die Mittelspitzvollschneiden Nr. 7 u. 8, die Mittelspitzkerbschneiden Nr. 9 u. 11, die exzentrische Spitzschneide Nr. 22 und die Spezialschneide Nr. 26 übrig, von denen die Nr. 7, 8 u. 9 beim Bohren mit 1340 mm Vorschub je Minute eigentlich auch schon die Unbrauchbarkeit für besonders hohe Bohrgeschwindigkeiten erwiesen hatten. Konnten doch mit ihnen nur je 200 m gebohrt werden, weil die Stromaufnahme übermäßig stieg und die Maschine beim Bohren wegen starken Schlagens nicht zu halten war. Die Schneidkanten waren dabei nicht besonders stark abgestumpft. Wenn trotzdem die Versuche mit diesen Schneiden fortgesetzt wurden, so geschah das deshalb, weil sie im Kalibergbau recht verbreitet waren, und weil sie typische Vertreter der schabend arbeitenden Schneiden darstellen. Mit den erwähnten sechs Schneiden wurden dann noch Bohrversuche mit 1560 mm Vorschub je Minute durchgeführt. Die Schneidhaltigkeit und Bohrleistung nahm hier bedeutend ab. Die exzentrische Spitzschneide Nr. 22 z. B. war nach 250 m vollständig stumpf, während sie bei einem Vorschub von 1340 mm je Minute 742 m bis zum ersten Anschliff bohren konnte. Die Mittelspitzvollschneide Nr. 7 konnte gar nicht benutzt werden, da die Stromaufnahme bei Beginn schon 10,5 Ampere betrug. Verhältnismäßig gering war auch die Bohrleistung der Spezialschneide Nr. 26. Die wenig widerstandsfähigen Schneidzähne stumpften sehr bald ab, wodurch die Schneide unbrauchbar wurde.

Aus der Zahlentafel 4 ist ersichtlich, wieviel Meter mit jeder Schneide von Anschliff zu Anschliff gebohrt werden konnten, und aus welchem Anlaß das Bohren eingestellt werden mußte.

d) Schneidenform und Vorschub.

Der Bohrbetrieb ist in weitem Maße von der Schneidenform abhängig. Die Maschine versucht, den Bohrer in das Gebirge zu treiben. Ist die Bohrerform günstig, so gelingt das ohne Schwierigkeiten. Ist die Form ungünstig, so schlägt die Maschine und der Stromverbrauch steigt. Das Bohren muß dann abgebrochen werden. Solange aber normales Bohren möglich ist, bleibt der Vorschub fast unverändert. Bei einem Leerlaufsvorschub von 1340 mm je Minute hatten alle Schneiden bei Beginn des Bohrens einen Vorschub von 1320 mm je Minute, der bei zunehmender Schneidenabstumpfung allmählich auf höchstens 1280 mm je Minute zurückging, das waren noch 95,5 % des Leerlaufs und 96,9 % des Vorschubs bei Bohrbeginn. Bei dem Leerlaufvorschub von 1560 mm je Minute ging der Vorschub bei Belastung von 1540 im ungünstigsten Falle auf 1510 mm je Minute zurück, das entsprach 96,7 % des Leerlaufs bzw. 98,0 % des Vorschubs bei Bohrbeginn.

Um den Einfluß der Schneidenform auf den Vorschub genau feststellen zu können, wurde eine auf einem Bohrwagen bewegliche Maschine ohne selbsttätigen Vortrieb verwendet. Die Spindelumdrehungszahl betrug 450 je Minute, der durch Auflegen von Gewichten erzeugte Bohrdruck 100 kg. In der Zahlentafel 5 sind die Vorschübe der verschiedenen Schneiden aufgeführt. Die geringste Bohrgeschwindigkeit wurde mit der Mittelspitzvollschneide Nr. 7 (14 cm je Minute), die höchste mit der exzentrischen Spitzschneide Nr. 22 (90 cm je Minute) erzielt. Da die Tourenzahl und der Bohrdruck bei allen Versuchen gleich blieben, mußten die Unterschiede in den Vorschüben durch die verschiedenen Schneidenformen erzeugt worden sein. Die vorwiegend schabend wirkenden Schneiden konnten naturgemäß nicht mit derselben Geschwindigkeit in das Gebirge ein-

dringen, wie die mehr brechend arbeitenden, da sie die zur Verfügung stehende Kraft zum großen Teil zum Zermahlen des Bohrkleins verbrauchten. Wenn man die Vorschübe der verschiedenen Schneiden mit den entsprechenden Bohrmehlanalysen vergleicht, so kann man die Abhängigkeit zwischen Vorschub und Korngröße des Bohrmehls gut erkennen. In der Zahlentafel 5 sind die Werte der Bohrmehlanalysen, soweit sie die unter 0,3 mm liegenden Bohrkleinmengen betreffen, aufgeführt. Bis auf geringe Abweichungen ist eine gute Übereinstimmung vorhanden.

e) Bohrdruck und Vorschub.

Die Eignung der Bohrschneiden läßt sich gut durch den bei einer bestimmten Gewichtsbelastung erzielten Vorschub beurteilen. Zu diesem Zwecke wurden folgende Versuche mit einer in dem beschriebenen Bohrwagen eingespannten Maschine durchgeführt:

Der Vorschub der Bohrmaschine ist abhängig von der Differenz zwischen den Umdrehungen der Spindel und der Spindelmutter. Um die Wirkung des Bohrdruckes auf den Vorschub am Bohrwagen unabhängig von der Maschine prüfen zu können, wurde aus einer auf einem Bohrwagen gelagerten Maschine das Vorschubgetriebe herausgenommen. Die Vorwärtsbewegung erfolgte durch Gewichtsbelastung. Bei den Versuchen wurde folgendermaßen verfahren:

Der Bohrwagen mit aufgelegter Maschine wurde austariert, d. h., es wurden so viele Gewichte an den Seilzug gehängt, daß die Reibung der Seile und Rollen gerade aufgehoben war. Die Versuchsergebnisse sind in der Zahlentafel 6 eingetragen. Versuche, den Bohrdruck auf 300 bzw. 500 kg zu steigern, schlugen fehl. Die Bohrmaschine blieb stehen, und die Gestänge bogen sich durch. Es war also nicht möglich, mit dieser Versuchsanordnung den normalen Vorschub, wie er bei der in der Spannsäule verlagerten Bohrmaschine erreicht wird, herauszuholen. Das läßt sich nur dadurch erklären, daß innerhalb der Maschine Reibungen auftreten, die schließlich zum Abwürgen des Motors führen. Diese Annahme fand eine Bestätigung in der Tatsache, daß der vordere Gehäusedeckel übernormal heiß wurde.

Bei einer zweiten Versuchsreihe blieb deshalb das Vorschubgetriebe der Maschine in Tätigkeit. Durch Austarieren wurde festgestellt, bei welcher Belastung der Bohrwagen beim Arbeiten der Maschine stehenblieb. Hierfür waren je nach der Schneidenform 125 bis 270 kg nötig. War die Belastung geringer als die für die jeweilige Bohrschneide erforderliche, so lief der Bohrwagen rückwärts, war sie größer, so lief er vorwärts. Der zum Bohren nötige Druck blieb, wie die Versuche ergeben haben, weit unter dem, auf den die in der Bohrmaschine eingebaute Druckfeder geeicht ist. Als Ergebnis der Versuche zeigte sich:

1. Bei gleichbleibender Tourenzahl der Maschine steigt der Vorschub um annähernd denselben Prozentsatz, um den die Gewichtsbelastung erhöht wird.

2. Der Bohrdruck erweist sich durch die unerwartet hohen Unterschiede um über 100 % (125—270 kg) als wertvoller Maßstab für die Güte der Schneiden.

f) Spindeldrehzahl und Vorschub.

Gleichzeitig mit den Feststellungen über den Einfluß des Bohrdruckes auf den Vorschub wurde der Einfluß der Spindeldrehzahl untersucht. Hierbei blieben die Gewichtsbelastungen konstant, und die Tourenzahl wurde auf 450 und 550 eingestellt. Auch hier zeigte sich, wie aus der Zahlentafel hervorgeht, daß sich die Vorschübe in demselben Prozentverhältnis erhöhen wie die Spindeldrehzahlen.

g) Schneidenverschleiß beim Bohren und Schleifen.

Die Verluste an Schneidenmaterial verdienen bei Widia - Schneiden, die etwa sechsmal so teuer sind wie Schnellstahlschneiden, erhöhte Beachtung. Die Versuche haben gezeigt, daß der Verschleiß beim Bohren gering ist, daß dagegen der Verlust an Widia - Metall beim Schleifen der Schneiden recht erheblich sein kann. Man darf rechnen, daß der Verlust an Schneidenmaterial beim Schleifen etwa zehnmal so groß ist wie der beim Bohren. Bei den Stahlschneiden liegen die Verhältnisse umgekehrt. Hier ist der Bohrverschleiß größer als der Schleifverschleiß (siehe Zahlentafel 3).

Der Materialverlust ist weitgehend von der Schneidenform abhängig. Den geringsten Verschleiß weisen die schabend arbeitenden Schneiden auf, denn bei diesen Formen arbeitet die ganze Schneidenfläche; der Bohrdruck je Flächeneinheit ist daher geringer als bei Formen mit einzelnen Schneidzähnen. Bei letzteren werden nur Teile der Schneide zur Arbeit herangezogen. Infolgedessen ist der Bohrdruck auf kleinere Flächen vereint und entsprechend je Flächeneinheit größer. Mithin muß auch die Abnutzung hier eine stärkere sein.

In der Zahlentafel 3 sind die beim Bohren im Hartsalz und beim Schleifen festgestellten Schneidenmaterialverluste zusammengestellt und auf die gebohrten Meter umgerechnet. Gewichtsmäßig hat die rein schabende Mittelspitzvollschneide Nr. 7 sowohl den geringsten Bohr- als auch den geringsten Schleifverschleiß. Der Gesamtverlust von Anschliff zu Anschliff beträgt nur 1,33 g. Man muß jedoch diese Zahl auf die gebohrten Meter umrechnen. Es steht dann die exzentrische Spitzschneide Nr. 22, die einen Gesamtverlust von 3,2 g aufweist, günstiger da, denn diese hat je Meter nur 0,00435 g Verlust, während die Mittelspitzvollschneide Nr. 7 je Meter 0,00665 g verloren hat. Am ungünstigsten verhalten sich Schneiden mit mehreren schwachen Angriffsspitzen. Die

Spezialschneide Nr 26 z. B. hat einen Gesamtverlust von 5,19 g, wovon auf das Schleifen allein 4,89 g entfallen. Großen Schleifverschleiß haben auch solche Schneiden, die infolge ihrer Form leicht zum Ausbrechen der Schneidkanten neigen, da zwecks Wiederherstellung der ursprünglichen Form weitgehende Abschliffe vorgenommen werden müssen.

2. Versuche über die Form des Bohrloches.

a) Einfluß der Schneidenbreite.

Wie bereits erwähnt, sind sämtliche Versuche mit Bohrschneiden von 36 mm Durchmesser ausgeführt worden. Da es aber von Interesse ist, festzustellen, welchen Einfluß der Schneidendurchmesser auf den Stromverbrauch und Vorschub hat, wurden auch mit Schneiden mit 36, 39, 42, 45, 48 und 51 mm Durchmesser der Formen 10 und 11 (Mittelspitzkerbschneiden) und 22 (exzentrische Spitzschneide) entsprechende Versuche angestellt. Der steigende Stromverbrauch bei zunehmender Schneidenbreite wurde an der in der Spannsäule verlagerten Maschine beobachtet. Es ergaben sich hierbei die in der Zahlentafel 9 u. Abb. 24 eingetragenen Werte. Da die Ergebnisse der Mittelspitzkerbschneiden Nr. 10 und 11 sehr eng zusammenlagen, wurde in der Abbildung nur die Kurve der Form 10 aufgeführt. Die Versuchsergebnisse zeigten, daß der Kraftbedarf proportional mit der prozentualen Zunahme des Bohrlochquerschnittes wächst. Die geringen Abweichungen von den theoretischen Werten sind auf Ablesefehler und Abrundungen zurückzuführen. Die exzentrische Spitzschneide Nr. 22 begann bei einem Durchmesser von 36 mm mit einer Stromaufnahme von 5,6 Ampere, die bei dem Durchmesser von 51 mm bis auf 11,4 Ampere stieg. Die Mittelspitzkerbschneiden Nr. 10 und 11 nahmen bei 36 mm Durchmesser 5,8 und bei 51 mm Durchmesser 10,7 Ampere auf. Der durch die Maschine betätigte Vorschub ging von 1320 mm je Minute bei der 36-mm-Schneide auf 1270 mm je Minute bei der 51-mm-Schneide zurück. Dieser Rückgang war für alle drei Formen etwa der gleiche. Es ist deshalb in der Abb. 24 nur der mit der Mittelspitzkerbschneide Nr. 10 gemessene Vorschub eingetragen.

Mit Hilfe des Bohrwagens konnte die Bohrgeschwindigkeit bei verschiedenen Schneidendurchmessern festgestellt werden. Zu diesem Zwecke lief die Maschine mit 450 Touren und wurde mit Gewichtsbelastung von 100 kg gegen den Stoß getrieben. Die Bohrleistung in Kubikzentimetern je Minute blieb innerhalb jeder Versuchsreihe bei den verschiedenen Durchmessern annähernd die gleiche. So ergab die Mittelspitzkerbschneide Nr. 10 im Mittel eine Bohrleistung von 767,3 cm^3, die Mittelspitzkerbschneide Nr. 11 von 733,5 cm^3 und die exzentrische Spitzschneide Nr. 22 von 922,2 cm^3 je Minute. Der Vorschub nahm naturgemäß mit wachsender Schneidenbreite ab. Er deckt sich mit den errechneten Werten, die ebenfalls in der Zahlentafel 10 aufgeführt sind, recht gut (siehe auch Abb. 25). Zur Umrechnung der Bohrgeschwindigkeit, ausgehend von einem Schneidendurchmesser auf einen anderen, hat man lediglich die Bohrgeschwindigkeit mit dem Quadrat des Verhältnisses beider Schneidendurchmesser zu vervielfachen. Es sei z. B. für eine Schneide von 51 mm Durchmesser der Vorschub = 45 cm je Minute, so müßte sich bei einer 36-mm-Schneide unter sonst gleichen Verhältnissen der Vorschub von

$$\left(\frac{51}{36}\right)^2 \cdot 45 = \sim 90 \text{ cm/min.}$$

erreichen lassen. Die praktischen Versuche haben die Richtigkeit der Berechnung bestätigt.

b) Einfluß der Bohrlochstiefe.

Die Bohrlochstiefe spielt im praktischen Bohrbetriebe eine große Rolle, besonders dann, wenn die Bohrlöcher geneigt sind. Je tiefer das Bohrloch wird, um so höher muß der Stromverbrauch werden, denn die Reibung der Bohrstange an den Bohrlochswandungen sowie die Reibung zwischen Gestänge und Bohrmehl, die sich mit zunehmender Lochtiefe vergrößern, müssen überwunden werden. Es ist dabei nicht gleichgültig, welche Schneidenform verwendet wird. Je feiner das anfallende Bohrklein ist, also je mehr die Schneide schabend arbeitet, um so schwieriger ist der Transport desselben.

Mit der Mittelspitzkerbschneide Nr. 10 wurden 6 m tiefe Löcher gebohrt, und zwar söhlig, mit 10° steigend und mit 10° fallend. Es zeigte sich, daß das mit 10° steigende Bohrloch am wenigsten, das fallende am meisten Strom verbraucht. Bei dem steigenden Loch gingen die Ampere von 5,2 bis auf 6,4, also um 1,2 Ampere, beim söhligen von 5,3 auf 6,6, um 1,3 Ampere und beim fallenden von 5,8 auf 7,9, um 2,1 Ampere, in die Höhe (siehe Zahlentafel 8 und Abb. 23). Die großen Unterschiede sind nur auf den Bohrmehltransport, nicht auf die Gestängereibung an den Bohrlochswandungen zurückzuführen, denn letztere ist ja in allen drei Fällen die gleiche. Steigende Löcher beanspruchen die Bohrmaschine am wenigsten, da das Bohrklein teilweise selbst aus den Löchern herausläuft, fallende Löcher stellen dagegen die größten Anforderungen an die Maschine, denn hier muß das Bohrmehl restlos durch das Gestänge sozusagen aus dem Loch herausgehoben werden.

Ein zweiter Versuch sollte zeigen, welchen Einfluß die Bohrlochstiefe auf den durch Gewichtsbelastung erzeugten Vorschub hat. Zu diesem Zwecke wurde die Bohrmaschine auf den Bohrwagen gelegt. Durch Auflegen von 50 bzw. 100 kg wurden die in der Zahlentafel 7 aufgeführten minutlichen Vorschübe erzielt (siehe auch Abb. 22). Bei einer Belastung von

50 kg betrug der Vorschub von 0 — 1 m 24 cm, der schließlich bis auf 18 cm bei einer Bohrlochstiefe von 5—6 m zurückging. Bei 100 kg Belastung konnten etwa die doppelten Werte gemessen werden, nämlich 50 cm bei einer Bohrlochstiefe von 0—1 m und 38 cm bei einer solchen von 5—6 m.

II. Versuche in langbeinitischen Salzen.

1. Schneidenform und Stromverbrauch.

Wie bei den Versuchen im Hartsalz, wurde auch beim Bohren in langbeinitischen Salzen das Ansteigen des Stromverbrauches beim Abstumpfen der Schneiden beobachtet. Es wurde hier ebenfalls zuerst mit einem Vorschub von 1340 mm je Minute und einer Spindeldrehzahl n = 450 mit den für die weiteren Versuche bestimmten Schneiden gebohrt. Die Mittelspitzvollschneide Nr. 7 überschritt bereits nach einem Bohrmeter die Grenze der zulässigen Stromaufnahme. Vergleicht man den aufgenommenen Strom beim Bohrbeginn in den beiden Salzarten, so ersieht man, daß bei gleichem Vorschub und gleicher Tourenzahl der Maschine der Kraftbedarf in langbeinitischen Salzen bei allen Schneiden um 0,4 Ampere höher liegt als beim Bohren im Hartsalz. Eine Überlastung der Bohrmaschine trat nach einer Bohrleistung, die etwa ein Fünftel der Leistung im Hartsalz betrug, ein. Bei der Spezialschneide Nr. 26 zeigte sich schon nach 41 Bohrmetern, also nach etwa einem Elftel der Leistung im Hartsalz, zu hohe Stromaufnahme.

Bei gleicher Spindelumdrehungszahl wurde dann mit einem Vorschub von 870 mm je Minute gebohrt. Hier lag die Stromaufnahme bei Bohrbeginn um 1,7 Ampere niedriger als beim Bohren mit dem Vorschub von 1340 mm je Minute. Bei dem niedrigeren Vorschub konnte die Mittelspitzvollschneide Nr. 7 wieder verwendet werden. Nach 37 Bohrmetern zeigte das Amperemeter aber bereits über 10 Ampere an. Mit der Mittelspitzkerbschneide Nr. 9 und der Spezialschneide Nr. 26 konnte nicht die höchstzulässige Stromaufnahme erreicht werden, da das Bohren wegen starken Schlagens der Maschine vorzeitig abgebrochen werden mußte. Die exzentrische Spitzschneide Nr. 22 zeigte bei 205 m eine Stromaufnahme von 8 Ampere. Nach 220 Bohrmetern schlug das Amperemeter dann ständig über 10 Ampere aus, so daß das Bohren aufgegeben werden mußte.

Zu Vergleichszwecken wurden hier auch die beiden Stahlschneiden Nr. 1 und 2 herangezogen. Nach einer Bohrlänge von 20 cm (Schneide Nr. 1) bzw. 40 cm (Schneide Nr. 2) betrug die Stromaufnahme schon mehr als 20 Ampere. Für Schnellstahlschneiden war also selbst dieser verhältnismäßig geringe Vorschub noch viel zu hoch.

2. Schneidhaltigkeit der Schneiden.

Entsprechend den Versuchen zur Beobachtung des Stromverbrauches wurden die Untersuchungen über Schneidhaltigkeit der Schneiden mit Vorschüben von 1340 und 870 Millimeter je Minute bei gleicher Spindeldrehzahl (n = 450) durchgeführt. Die meisten Bohrmeter konnten mit der exzentrischen Spitzschneide Nr. 22 geleistet werden. Betreffs der übrigen Schneiden sei auf die Zahlentafel 4 verwiesen. Die wesentlich größere Härte der langbeinitischen Salze gegenüber dem Hartsalz geht klar aus den geringen Bohrleistungen der einzelnen Schneiden hervor. Wie bereits im vorigen Kapitel gesagt, konnte bei gleicher Tourenzahl und gleichem Vorschub nur ein Fünftel, teilweise noch weniger, der Bohrleistung im Hartsalz erreicht werden. Nach Herabsetzung des Vorschubes auf 870 mm je Minute sind im Mittel etwa 150 % der bei einem Vorschub von 1340 mm je Minute möglichen Bohrleistungen erzielt worden. Mit der Mittelspitzvollschneide Nr. 7 war das Bohren nur bei dem niedrigen Vorschub möglich, da bei dem Vorschub von 1340 mm je Minute schon nach einem Meter die Stromaufnahme zu hoch war.

Besonders augenfällig war die Härte des Langbeinites bei Verwendung von Schnellstahlschneiden. Konnten in kieseritreichem Hartsalz noch rund 60 m mit ihnen von Anschliff zu Anschliff gebohrt werden, so waren in langbeinitischen Salzen die Schneiden trotz einer Vorschubherabsetzung um etwa 35 % nach wenigen Zentimetern Bohrlänge völlig unbrauchbar. Die Schneidkanten hatten sich umgelegt, so daß gekrümmte Flächen entstanden waren, die nicht mehr in das Gebirge eindringen konnten (Abb. 8). Durch die Reibung dieser Flächen auf der Bohrlochsohle entstanden so hohe Temperaturen, daß sich die Schneidkanten selbst anließen, dann aber nach Überschreitung der für Schnellstahl höchstzulässigen Temperatur von etwa 625 ° C verschmort sind. Durch metallographische Untersuchungen konnte dieser Vorgang festgestellt werden [2]). Die Schnellstahlschneide Nr. 2 wurde zunächst vor dem Bohren untersucht (Abb. 6). Es zeigte sich ein normales Härtungsgefüge, das aus einer feinkörnigen austenitischen Grundmasse mit fein verteilten Karbiden bestand. Nach dem Bohren wurden drei weitere Untersuchungen vorgenommen, und zwar an den auf der Abb. 7 angedeuteten Stellen. An der Schneidkante (Längsschliff) fand sich als Grundmasse strukturloser Martensit (Abb. 9). Nach dem Schneidenschaft zu (Querschliff) ergab sich wieder die feinkörnige austenitische Grundmasse (Abb. 10). Die Abb. 11 zeigt den Übergang zwischen den beiden Gefügen (Übergangszone).

2) Die metallographischen Untersuchungen wurden durch die Bergbauliche Werkstoff- und Seilprüfungsstelle des Deutschen Kalivereins, Berlin, ausgeführt.

Um feststellen zu können, ob die Reibungswärme auch eine Gefügeänderung des Widia-Metalls verursacht, wurde die Widia - Schneide Nr. 22 (exzentrische Spitzschneide) vor und nach dem Bohren metallographisch untersucht. Die Abb. 4 zeigt das Gefüge vor, die Abb. 5 nach dem Bohren. Es ist deutlich erkennbar, daß eine Veränderung nicht eingetreten ist. Sämtliche Aufnahmen zeigen das Gefüge in 650facher linearer Vergrößerung.

3. Schneidenform und Vorschub.

Selbst in den sehr harten langbeinitischen Salzen blieb der Vorschub beim Bohren nur wenig hinter dem Leerlaufsvorschub zurück. Wie im Hartsalz betrug bei einem Leerlaufsvorschub von 1340 mm je Minute beim Bohrbeginn der Vorschub 1320 mm, der beim Abnutzen der Schneidkanten bis auf 1290 zurückging. In diesem ungünstigen Falle betrug der Vorschub aber immer noch 96,2 % vom Leerlaufvorschub und 97,7 % vom Vorschub beim Bohrbeginn. Bei dem auf 870 mm je Minute herabgesetzten Leerlaufvorschub begann das Bohren mit 860 mm je Minute. Die geringste Bohrgeschwindigkeit unter Belastung wurde mit 840 mm je Minute gemessen, das entspricht 96,5 % des Leerlaufes und 97,6 % des Vorschubes bei Bohrbeginn. Auf Vorschubmessungen mit Hilfe des Bohrwagens konnte verzichtet werden, da die Versuche im Hartsalz ausreichenden Aufschluß über das Verhalten der einzelnen Schneiden ergeben hatten.

Dritter Teil.

Auswertung der Versuche.

A) Die verschiedene Bedeutung der ermittelten Werte.

Zu den einzelnen Versuchsgruppen wäre kurz folgendes zu sagen:

1. Die siebanalytischen Untersuchungen des Bohrmaterials haben für die Beurteilung, ob eine Schneide für den Betrieb brauchbar ist oder nicht, wenig Wert. Sie lassen jedoch die Arbeitsweise erkennen, und es ist interessant, die gefundenen Ergebnisse mit den Zahlen der übrigen Versuche zu vergleichen.

2. Viel wichtiger sind dagegen die Untersuchungen über den Einfluß der Schneidenform auf den Stromverbrauch. Zeigen sie doch deutlich, mit welcher Schneidenform der höchstmögliche Vorschub zu erreichen ist, ohne die Bohrmaschine zu überlasten.

3. Am wichtigsten für die Beurteilung einer Schneide ist zweifelsohne die Untersuchung der Schneidhaltigkeit. Gerade die Feststellungen über Schneidhaltigkeit sind Prüfungen der Praxis. Die großen Unterschiede, die sich hierbei ergeben, gehen am besten aus der Zahlentafel 4 hervor. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß die bei den Versuchen ermittelten Bohrleistungen je Schneide im praktischen Betriebe nicht erreicht werden können, da es dem Hauer ohne Meßinstrumente nicht möglich ist, das letzte aus der Schneide herauszuholen. Ihm muß es darauf ankommen, möglichst viele Bohrmeter zu leisten. Das kann er natürlich am besten mit scharfen Schneiden erreichen. Relativ werden sich aber im Betriebe dieselben Ergebnisse zeigen, wie sie bei den Versuchen gefunden wurden.

4. Der Einfluß der Schneidenform auf den Vorschub wird eigentlich nur bei den Versuchen mit der auf dem Bohrwagen verlagerten Maschine deutlich erkennbar. Hier ergeben sich bemerkenswerte Unterschiede, die sehr wohl zur Beurteilung der Schneiden herangezogen werden können. Allerdings sagen sie noch nichts über das Verhalten der Bohrer im Dauerbetriebe. Bei den Versuchen mit selbsttätigem Vortrieb sind nennenswerte Rückgänge der Bohrgeschwindigkeiten kaum zu bemerken.

5. Recht lehrreich waren auch die Untersuchungen über den Einfluß des Bohrdruckes auf den Vorschub. Zeigten sie doch, daß die Bohrgeschwindigkeit etwa in demselben Prozentverhältnis wächst wie der zunehmende Bohrdruck.

6. Im Zusammenhange mit den Untersuchungen über den Bohrdruck sind Feststellungen über den Einfluß der Spindeldrehzahl von besonderer Bedeutung. Sie ließen erkennen, daß die Bohrgeschwindigkeit ebenfalls in demselben Prozentverhältnis ansteigt wie die zunehmende Drehzahl.

7. Die Verluste an Schneidenmaterial beim Bohren und Schleifen können bei richtiger Wahl der Schneidenform auf ein Minimum herabgedrückt werden. Die schabenden Schneiden, die den geringsten Verschleiß haben, werden allerdings bei der Notwendigkeit, möglichst hohe Bohrgeschwindigkeiten zu erreichen, selten Anwendung finden. Es sind deshalb Schneiden zu benutzen, die hohe Bohrleistung mit Unempfindlichkeit vereinigen, wie dies z. B. bei der Mittelspitzkerbschneide Nr. 11 und der exzentrischen Spitzschneide Nr. 22 der Fall ist.

8. Die Untersuchungen über den Einfluß der Schneidenbreite haben für die Werrawerke besonderen Wert, da in diesem Revier noch verschiedentlich mit flüssiger Luft geschossen wird und hierfür ein Bohrlochdurchmesser von 45 mm nötig ist. Ebenso werden für das Befestigen der Schrapperseilrollen im Stoß gern Löcher größeren Durchmessers gewählt, um die Anpreßfläche der Befestigungskeile zu vergrößern. Die Versuche haben gezeigt, daß bei einem Vorschub von 1340 mm je Minute mit einer Spindeldrehzahl von 450 48 - mm - Schneiden für den Dauerbetrieb nicht mehr zu verwenden sind, da der aufgenommene Strom die zulässige Grenze schon bei Bohrbeginn übersteigt. Selbst mit der 45 - mm - Schneide ist das Bohren in harten Salzen bei so hoher Bohrgeschwindigkeit bedenklich, denn nach geringer Abstumpfung der Schneiden wird die Maschine leicht überlastet.

9. Der Einfluß der Bohrlochstiefe darf nicht unterschätzt werden. Im Betriebe bohrt man Löcher bis zu 6 m Tiefe. Die Versuche haben gezeigt, daß bei einem mit 10° fallenden Bohrloch der Stromverbrauch um mehr als 2 Ampere steigt. Es ist deshalb wichtig, die Schneiden nicht so weit abstumpfen zu lassen, daß sie schon bei geringer Bohrlochstiefe den höchstzulässigen Kraftbedarf haben. Ist dies der Fall, so kann man mit Bestimmtheit sagen, daß die Bohrmaschine beim Weiterbohren überlastet wird. Es sollten deshalb die längsten Bohrstangen mit möglichst scharfen Schneiden versehen werden.

B) Beurteilung der verschiedenen Schneidenformen.

Wenn man sich noch einmal die einzelnen Schneidengruppen vor Augen führt, so kommt man zu folgendem Ergebnis:

1. Schnellstahlschneiden.

Siebanalytisch untersucht, stehen die verwendeten Formen recht günstig da. Die Schneide Nr. 1 ist in dieser Beziehung überhaupt die beste. Der Stromverbrauch bei Verwendung scharfer Schneiden ist ebenfalls als gut anzusprechen. Allerdings tritt bereits nach wenigen Bohrmetern ein starker Anstieg der Stromaufnahme ein. Die Schneidhaltigkeit ist bei hohen Vorschüben äußerst gering, der Verlust an Schneidenmaterial nicht unerheblich. Es geht über den Rahmen dieser Arbeit hinaus, die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Schneiden zu untersuchen, doch soll an dieser Stelle an einem Beispiel auf den Unterschied der Kosten zwischen einer Schnellstahlschneide und einer Widia-Schneide hingewiesen werden (Zahlentafel 1). Die Ersparnisse je Bohrmeter betragen bei Verwendung von Widia-Schneiden nach dieser Berechnung 0,04 Pf. Es ist dabei absichtlich eine Widia-Schneide zum Vergleich herangezogen, die nur eine mittlere Bohrleistung aufweist.

2. Widia-Schneiden.

Die Widia-Zweiplättchenschneiden sollen aus den oben angeführten Gründen unberücksichtigt bleiben.

In der Gruppe der Schneiden mit Angriffsspitzen in der Schneidenmitte sind schabende und brechende Schneiden vereinigt. Die Bohrmehlsiebanalysen sowie die Stromaufnahmen der Schneiden dieser Gruppe weisen dementsprechend große Unterschiede auf. In beiden Salzarten hat von dieser Klasse die Mittelspitzkerbschneide Nr. 11 die beste Bohrleistung aufzuweisen. Sie hat auch einen guten Vorschub bei den Bohrwagenversuchen erzielt. Nur durch die Schneide Nr. 10 derselben Gruppe wird sie um ein geringes übertroffen. Der Bohr- und Schleifverschleiß hält sich bei den Schneiden in normalen Grenzen. Eine Ausnahme macht die leicht zum Ausbrechen neigende Mittelspitzkerbschneide Nr. 10.

Die Schneiden mit Angriffsspitzen an den Schneidflanken sowie die mit waagerechten Schneidrücken haben, wie bereits erwähnt, ungünstige Bohreigeschaften. Aus den Bohrmehlsiebanalysen und dem Kraftverbrauch beim Bohrbeginn läßt sich dies nicht erkennen. Die Bohrleistung und Schneidhaltigkeit ist jedoch infolge der eigenartigen Schneidenform nicht als gut anzusprechen.

Dagegen arbeiten die exzentrischen Spitzschneiden recht zufriedenstellend. Besonders die Form 22 dieser Gruppe sei hervorgehoben. Durch die exzentrische Stellung der Mittelspitze tritt eine gute Brechwirkung ein. In bezug auf Bohrleistung steht die exzentrische Spitzschneide Nr. 22 an erster Stelle von allen ausprobierten Bohrern. 742 m konnten im Hartsalz mit 1340 mm Vorschub je Minute und 220 m mit 870 mm Vorschub in Langbeinit bis zum ersten Anschliff gebohrt werden. Es sei aber auch nicht verschwiegen, daß diese Schneide neben den großen Vorteilen Nachteile aufweist. Sie bestehen darin, daß das Anbohren mit ihr etwas schwieriger ist als mit einer Schneide mit Angriffsspitzen in der Schneidenmitte. Der Hauer muß das Bohrloch deshalb sorgfältiger anhacken. Da sich die Außenspitze an der Stelle der größten Umfangsgeschwindigkeit befindet, arbeitet sich diese wesentlich stärker ab als die Mittelspitze. Es muß daher, um die ursprüngliche Form wieder herzustellen, beim Nachschleifen unverbrauchtes Material aus der Schneidenmitte herausgenommen werden. Der gewichtsmäßige Schleifverschleiß ist aus diesem Grunde verhältnismäßig hoch, der Verschleiß je Bohrmeter — und nur darauf kommt es an — jedoch sehr gering. Mit der durch Gewichtsbelastung vorgetriebenen Maschine konnte mit den exzentrischen Spitzschneiden der größte Vorschub erreicht werden.

Die in der Gruppe „Spezialformen" zusammengefaßten Schneiden sind recht verschieden. Sie konnten jedoch nicht in andere Abteilungen eingefügt werden.

Die Hundrieser Widia-Schneide Nr. 24 gibt ein sehr grobes Bohrklein und hat niedrigen Kraftverbrauch. Sie ist jedoch den beim Bohren auftretenden Kräften nicht gewachsen, wovon die Zerstörung aller Schneiden dieser Art nach kurzer Betriebsdauer zeugt.

Die Schneide Nr. 25 hat eine vorwiegend schabende Wirkung. Infolgedessen sind die unter 0,3 mm anfallenden Bohrmehlmengen verhältnismäßig groß und entsprechend die Stromaufnahme hoch. Bei allen durchgeführten Versuchen mit dieser Schneide schlug die Maschine derartig, daß das Bohren vorzeitig abgebrochen werden mußte. Infolge der schabenden Arbeitsweise war auch die durch Gewichtsbelastung hervorgerufene Bohrgeschwindigkeit gering.

Die Spezialschneide Nr. 26 hat, wie das Ergebnis der Siebanalysen erkennen läßt, eine mehr brechende Wirkung. Im Hartsalz hat sie

sich bei einem Vorschub von 1340 mm je Minute und n = 450 gut bewährt. Bei vergrößertem Vorschub und beim Bohren in Langbeinit wurden indessen die Schneidspitzen zu schnell abgenutzt, so daß die Bohrleistung unbefriedigend war. Sehr hoch war der Bohr- und Schleifverschleiß (siehe Zahlentafel 3). Der mit Hilfe des Bohrwagens gemessene Vorschub war recht gut. Hier stand die Schneide an dritter Stelle.

Schluß.

Zusammenfassung.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß für die im Werragebiet vorkommenden Kalisalze das günstigste Bohrwerkzeug für die heute infolge der Einführung von Schrappern nötig gewordenen hohen Bohrleistungen eine exzentrisch arbeitende Schneide etwa nach Form Nr. 22 ist. Mit ihr lassen sich die meisten Meter von Anschliff zu Anschliff mit sehr niedrigem Kraftverbrauch bohren. Die Schneide ist sehr unempfindlich, so daß wenig Bruch auftritt. Die Anschaffungs- und Schleifkosten je Meter sind entsprechend der höheren Bohrleistung noch günstiger als die für die Mittelspitzkerbschneide Nr. 11 auf der Zahlentafel 1 berechneten. Der Nachteil des weniger guten Anbohrens mit der exzentrischen Spitzschneide Nr. 22 ist leicht zu beseitigen, indem man das Anfängerbohrgestänge mit einer Mittelspitzkerbschneide der Form Nr. 11 versieht.

Die Verwendung einer guten Bohrmaschine ist Vorbedingung. Im Betriebe hat sich die neue SSW-Säulendrehbohrmaschine E 155, mit der auch sämtliche Versuche durchgeführt wurden, am besten bewährt.

Den Vorschub sollte man in kieseritreichem Hartsalz nicht über 1340 mm je Minute wählen. Ihn auf 1560 mm je Minute zu steigern, wozu eine Spindeldrehzahl von 550 je Minute nötig ist, hält Verfasser für unzweckmäßig, da bei einer 16 proz. Vorschubsteigerung von 1340 auf 1560 mm je Minute die Schneidhaltigkeit um rund 40 % zurückgeht. In langbeinitischen Salzen geht man zweckmäßig nicht über einen Vorschub von 870 mm je Minute bei einer Spindeldrehzahl von 450 hinaus. Auch in diesen Salzen läßt sich mit der exzentrischen Spitzschneide Nr. 22 noch eine sehr gute Bohrleistung erzielen. Alle anderen Schneiden stehen ihr in der Leistung erheblich nach.

Diese hohen Vorschübe haben natürlich nur dann Zweck, wenn es, wie es allerdings meistens der Fall sein wird, wirklich auf möglichst viele Bohrmeter je Maschine und Schicht ankommt. Besteht diese Dringlichkeit nicht, so wird man in sehr harten Salzen, also z. B. in langbeinitischem oder in sehr kieseritreichem Hartsalz, mit rein schabenden Schneiden (Mittelspitzvollschneide Nr. 7 oder 8) arbeiten. Der Vorschub darf dann allerdings 400—600 mm je Minute nicht überschreiten. Der Schneidenverschleiß wird aber bei Verwendung der schabenden Schneiden ganz erheblich zurückgehen.

Nach diesen Betrachtungen bleiben somit für die engere Wahl die Mittelspitzvollschneiden Nr. 7 oder 8 als schabend arbeitende, die nur bei geringem Vorschub zu verwenden sind, und die Mittelspitzkerbschneide Nr. 11 sowie die exzentrische Spitzschneide Nr. 22 als mehr brechende Schneiden für hohe Bohrleistung übrig. Die Betriebsverhältnisse haben zu entscheiden, welche Schneidenform jeweils zu benutzen ist.

Benutzte Literatur.

1. Bergbaukunde von Lottner-Serlo. II. Auflage. 1873.

2. Bericht über Erfahrungen mit Widia-Stahl bei den verschiedenen Werkstoffen; Zeitschr. „Maschinenbau" 1931, S. 260.

3. Bericht über den Zweiten Internationalen Bohrkongreß in Paris; Zeitschr. „Glückauf" 1929, S. 1463.

4. Bluhme, Die Handbohrmaschine von Lisbeth; „Zeitschr. f. d. Berg-, Hütten- und Salinenwesen" 13, S. 269.

5. Burr, Schneidenwinkel an Drehstählen; Zeitschr. „Werkstattstechnik" 1928, S. 473.

6. Giller, Fortschritte auf dem Gebiete der Kohlengewinnung mittels elektrischer Energie in Oberschlesien; Zeitschr. „Elektrizität im Bergbau" 1930, S. 154.

7. Goerens, Neuzeitliche Entwicklung des Edelstahls; „Zeitschr. d. VDI." 1930, S. 297.

8. Gottwein, Die Messung der Schneidentemperatur beim Abdrehen von Flußeisen; Zeitschr. „Maschinenbau" 1925, S. 1129.

9. Gottwein, Temperaturen der Meißelschneide beim Schruppdrehen von Metallen; Sonderheft „Zerspanung", Zeitschr. „Maschinenbau" 1926, S. 26.

10. Gottwein, Die Schneidentemperatur beim Drehen in Abhängigkeit von der Form des Spanquerschnittes; Zeitschr. „Maschinenbau" 1926, S. 505.

11. Hippler, Wissenschaftliche Gestaltung der Werkzeuge; „Zeitschr. d. VDI." 1925, S. 227.

12. Hohage, Schneidhaltigkeit; Werkstoffhandbuch Stahl und Eisen, E 41—2.

13. Hoedremont, Schnellarbeitsstähle; Werkstoffhandbuch Stahl und Eisen, 1927, P 21—3.

14. Kronenberg, Grundzüge der Zerspanungslehre. Verlag J. Springer. 1927.

15. Kropf, Erfahrungen beim Bohren von Gesteinen mit Hartmetallbohrkronen und praktische Bohrergebnisse beim Bohren mit Thoran; Zeitschr. „Internationale Bergwirtschaft" 1930, S. 214.

16. Kropf, Schneidmetallegierungen; „Zeitschr. d. VDI." 1927, S. 136.

17. Müller und Wöhlbier, Über die Eignung von Widia-Schneiden beim Bohren in festem Gestein; „Kruppsche Monatshefte" 1932, S. 97.

18. Paßmann, Neue Säulendrehbohrmaschinen in Verbindung mit Elmo-Hartschneiden; Zeitschr. „Kali" 1930, S. 121.

19. Rapatz, Schnellstahl und Schneidmetall; Zeitschr. „Maschinenbau" 1923/24, S. 1076.

20. Schlesinger, Der Bohrversuch als Kennzeichen der Bearbeitbarkeit der Metalle; Zeitschr. „Werkstattstechnik" 1928, S. 677.

21. Schlesinger, Kräfte in der Werkzeugmaschine; „Zeitschr. d. VDI." 1929, S. 1565.

22. Schüller, Über die Form der Steinkohle-Drehbohrschneiden und ihre Besetzung mit Widia-Metall; Zeitschr. „Kohle u. Erz" 1930, S. 524.

23. Schüller, Versuche mit Drehbohrschneiden bei der Herstellung von Sprenglöchern in Steinkohle; Zeitschr. „Kohle u. Erz" 1929, S. 883.

24. Schulz und Merz, Die Anwendbarkeit von Volomit und anderen Stelliten im Bergbau; Zeitschr. „Glückauf" 1926, S. 1685.

25. Sonderheft „Zerspanung". VDI.-Verlag. 1926.

26. Spackeler, Kalibergbaukunde. Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale). 1925.

27. Tübben, Der Hundrieser Brechbohrer mit auswechselbarer Schneide; Zeitschr. „Glückauf" 1922, S. 190.

Zahlentafel 1.

	Schnellstahlschneide Nr. 2	Widia-Schneide Nr. 11
1. Preis je Schneide	4,60 RM.	26,60 RM.
2. Nutzbare Länge	50 mm	17 mm
3. Abnutzung je Schliff	2,2 „	0,8 „
4. Anzahl der möglichen Schliffe	22	21
5. Abgebohrte Meter zwischen zwei Anschliffen	64	317
6. Gesamtbohrmeter der Schneide	1472	6974
7. Arbeitszeit je Schliff	5 Min.	8 Min.
8. Lohn je Schliff	10 Pf.	16 Pf.
9. Lohn je Bohrmeter	0,16 „	0,05 „
10. Anschaffungskosten je Bohrmeter	0,31 „	0,38 „
11. Gesamtkosten je Bohrmeter	0,47 „	0,43 „

Zahlentafel 2.

Schneiden	Anfallmengen in Prozent														
Nr.	+ 5	5—4	4—3	3—2	2—1	1 — 0,75	0,75—0,5	0,5 — 0,3	0,3 — 0,2	0,2 — 0,1	0,1 — 0,075	— 0,075	+ 5 — 1	1 — 0,3	0,3 — 0,075
1	18,83	2,78	5,45	6,87	5,99	7,06	12,41	11,11	7,51	11,38	1,75	8,86	39,92	30,58	29,50
2	4,57	2,61	4,69	7,43	7,56	5,81	12,50	14,65	8,23	16,83	1,39	13,73	26,86	32,96	40,18
3	3,04	1,87	3,11	5,53	5,91	5,73	12,25	17,68	9,85	16,09	2,99	15,95	19,46	35,66	44,88
4	3,05	2,08	3,61	6,04	6,49	6,67	12,77	16,40	8,85	15,87	2,60	15,57	21,27	35,84	42,89
5	3,38	1,70	3,48	5,96	6,83	6,52	12,75	19,02	7,93	16,04	2,23	14,16	21,35	38,29	40,36
6	5,17	2,92	4,70	8,02	7,69	9,08	11,90	14,55	7,86	14,82	1,32	11,97	28,50	35,53	35,97
7	0,03	0,17	0,43	1,37	1,74	4,82	12,53	22,49	11,56	21,57	3,50	19,79	3,74	39,84	56,42
8	0,35	0,48	1,93	4,62	6,47	3,79	11,70	19,06	11,01	19,33	2,28	18,98	13,85	34,55	51,60
9	0,60	1,22	3,70	5,82	5,12	5,73	13,65	18,22	11,28	18,03	2,68	13,95	16,46	37,60	45,94
10	0,85	1,97	4,19	5,59	5,10	5,84	13,24	20,33	10,26	16,72	2,24	13,67	17,70	39,41	42,89
11	0,57	1,09	2,88	5,54	5,58	6,50	15,53	19,19	9,39	17,54	1,88	14,31	15,66	41,22	43,12
12	0,74	0,84	3,23	4,99	6,13	6,15	13,62	18,13	10,57	17,71	2,48	15,41	15,93	37,90	46,17
13	4,80	1,99	3,99	4,64	5,72	6,41	13,93	15,89	9,31	16,61	2,52	14,19	21,14	36,23	42,63
14	4,38	2,91	4,50	5,29	6,23	5,13	12,05	16,32	9,18	15,32	1,46	17,23	23,31	33,50	43,19
15	0,78	0,78	2,83	5,14	5,25	7,01	12,18	18,45	10,28	18,73	3,38	15,19	14,78	37,64	47,58
16	4,39	2,52	4,27	6,80	7,28	7,78	13,87	14,64	7,99	14,61	1,65	14,20	25,26	36,29	38,45
17	3,24	2,18	3,99	6,78	7,57	7,18	11,38	15,08	8,73	15,51	2,78	15,58	23,76	33,64	42,60
18	0,82	1,45	4,05	5,15	5,67	4,94	15,11	17,63	10,59	16,86	2,56	15,17	17,14	37,68	45,18
19	4,83	3,17	4,80	5,03	7,03	5,26	11,83	17,06	8,69	16,42	1,87	14,01	24,86	34,15	40,99
20	3,28	2,24	2,31	5,81	6,81	6,38	10,40	17,20	9,50	17,60	3,88	14,59	20,45	33,98	45,57
21	3,43	1,20	2,70	5,16	6,28	6,75	12,89	15,95	10,01	17,82	2,79	15,02	18,77	35,59	45,64
22	4,07	1,94	4,13	7,09	9,99	8,45	16,02	14,02	8,59	13,04	1,61	11,05	27,22	38,49	34,29
23	3,54	1,59	3,67	6,59	6,49	5,12	13,94	19,23	8,11	16,89	1,72	13,11	21,88	38,29	39,83
24	5,62	5,35	5,14	8,07	6,56	6,82	11,56	14,89	7,44	14,23	2,26	12,06	30,74	33,27	35,99
25	2,74	1,29	3,19	5,25	4,00	6,42	14,35	18,49	8,41	18,42	2,40	15,04	16,47	39,26	44,27
26	2,23	1,59	3,04	5,01	6,64	6,63	14,57	18,13	9,89	17,47	1,39	13,41	18,51	39,33	42,16

Zahlentafel 3.

Schneiden Nr.	Bohrverschleiß g	Gebohrte Meter	Bohrverschleiß je Meter g	Schleifverschleiß g	Schleifverschleiß je Meter g	Bohr- und Schleifverschleiß g	Bohr- und Schleifverschleiß je Meter g
1	2,70	60	0,04500	2,00	0,03333	4,70	0,07833
2	1,80	64	0,02812	1,30	0,02031	3,10	0,04844
3	0,18	270	0,00066	1,20	0,00444	1,38	0,00511
4	—	200	Schneide zerstört	—	—	—	—
5	0,29	360	0,00080	2,90	0,00806	3,19	0,00886
6	—	170	Schneide zerstört	—	—	—	—
7	0,10	200	0,00050	1,23	0,00615	1,33	0,00665
8	0,17	227	0,00075	1,99	0,00877	2,16	0,00952
9	0,21	198	0,00106	2,22	0,01121	2,43	0,01227
10	1,82	210	0,00866	5,00	0,02381	6,82	0,03248
11	0,16	317	0,00050	2,54	0,00801	2,70	0,00852
12	0,19	268	0,00071	2,90	0,01082	3,09	0,01153
13	0,16	260	0,00062	2,00	0,00769	2,16	0,00831
14	0,17	280	0,00061	2,11	0,00754	2,28	0,00814
15	0,32	210	0,00152	2,68	0,01276	3,00	0,01429
16	0,20	231	0,00087	2,08	0,00900	2,28	0,00987
17	0,23	226	0,00102	2 16	0,00956	2,39	0,01058
18	0,14	192	0,00073	1,77	0,00922	1,91	0,00995
19	0,19	168	0,00113	1,99	0,01185	2,18	0,01298
20	0,21	250	0,00084	2,01	0,00804	2,22	0,00888
21	0,31	290	0,00107	2,33	0,00804	2,64	0,00910
22	0,23	742	0,00031	3,00	0,00404	3,23	0,00435
23	0,26	510	0,00051	2,88	0,00565	3,14	0,00616
24	—	160	Schneide zerstört	—	—	—	—
25	0,19	146	0,00130	2,20	0,01507	2,39	0,01637
26	0,30	506	0,00059	4,89	0,00966	5,19	0,01025

Zahlentafel 4.

Schneiden Nr.	Kieseritreiches Hartsalz — Vorschub im Leerlauf				Langbeinitische Salze — Vorschub im Leerlauf			
	1340 mm/min		1560 mm/min		1340 mm/min		870 mm/min	
	Spindeldrehzahl im Leerlauf				Spindeldrehzahl im Leerlauf			
	450/min		550/min		450/min		450/min	
	Gebohrte Meter	Bohrversuch abgebrochen	Gebohrte Meter	Bohrversuch abgebrochen	Gebohrte Meter	Bohrversuch abgebrochen	Gebohrte Meter	Bohrversuch abgebrochen
1	60	●						
2	64	●						
3	270	◡						
4	200	⊘						
5	360	◡						
6	170	⊘						
7	200	◡ ●					37	○ ●
8	227	◡ ●	100	○ ●	45	○	66	○ ●
9	198	●	85	○	40	○	85	●
10	210	◡ ●						
11	317	◡ ●	160	●	61	○	88	◡ ●
12	268							
13	260	◡ ●						
14	280	◡ ●						
15	210	●						
16	226	●						
17	226	◡ ●						
18	192							
19	168							
20	250	◡						
21	290	◡ ●						
22	742	◡	250	○	142	○	220	○ ●
23	510							
24	160	● ⊘						
25	146	●						
26	506	◡ ●	136	◡	41	◡ ●	63	●

◡ Zu hoher Stromverbrauch. ● Maschine schlägt. ⊘ Schneide zerstört.

Zahlentafel 5.

Schneiden Nr.	Vorschub/min cm	Bohrmehlkorngröße unter 0,3 mm %
7	14	56,42
8	36	51,60
9	48	45,94
25	52	44,27
12	60	46,17
21	65	45,64
20	65	45,57
14	68	43,19
13	71	42,63
11	72	43,12
10	75	42,89
26	78	42,16
23	82	39,83
22	90	34,29

Zahlentafel 6.

Schneiden Nr.	Vorschub je Minute in cm bei einer Belastung von 50 kg, n = 450 min	50 kg, n = 550/min	100 kg, n = 450/min	100 kg, n = 550 min
7	7	10	14	17
8	15	19	36	43
9	21	25	48	58
25	22	27	52	62
12	27	33	60	73
21	28	34	65	78
20	28	35	65	78
14	29	36	68	82
13	31	38	71	86
11	32	40	72	86
10	34	42	75	91
26	36	44	78	94
23	36	45	82	98
22	38	47	90	108

Zahlentafel 7.

Schneide Nr.	Bohrlochtiefe m	Vorschub je Minute in cm bei einer Belastung von 50 kg	100 kg
10	0—1	24	50
	1—2	22	46
	2—3	21	44
	3—4	20	42
	4—5	19	40
	5—6	18	38

Zahlentafel 8.

Schneide Nr.	Bohrlochtiefe	Stromaufnahme in Amp. bei der Richtung des Bohrloches 10° steigend	söhlig	10° fallend
10	0—1	5,2	5,3	5,8
	1—2	5,6	5,7	6,2
	2—3	5,8	5,9	6,6
	3—4	6,0	6,2	7,0
	4—5	6,2	6,4	7,4
	5—6	6,4	6,6	7,9

Zahlentafel 9.

Schneiden ∅ mm	Bohrlochquerschnitt cm²	Querschnittszunahme %	Schneide Nr. 10 Stromverbrauch Amp.	Schneide Nr. 10 Stromverbrauchszunahme %	Schneide Nr. 11 Stromverbrauch Amp.	Schneide Nr. 11 Stromverbrauchszunahme %	Schneide Nr. 22 Stromverbrauch Amp.	Schneide Nr. 22 Stromverbrauchszunahme %
36	10,18	—	5,8	—	5,8	—	5,6	—
39	11,95	17 4	6,8	17,2	6,8	17,2	6,6	17,9
42	13,85	15,9	7,9	16,2	7,8	14,7	7,7	16,7
45	15,90	14,8	9,2	16,5	9,0	15,4	8,7	13,0
48	18,10	13,8	10,5	14,1	10,4	15,6	10,0	14,9
51	20,43	12,9	11,7	11,4	11,7	12,5	11,4	14,0

Zahlentafel 10.

Schneiden ∅ mm	Schneide Nr. 10 Vorschub je Minute cm gemessen	theoretisch	Bohrleistung cm³/min	Schneide Nr. 11 Vorschub je Minute cm gemessen	theoretisch	Bohrleistung cm³ min	Schneide Nr. 22 Vorschub je Minute cm gemessen	theoretisch	Bohrleistung cm³/min
36	75	—	763,5	72	—	733	90	—	916,2
39	64	63,9	764,8	61	61,3	729	77	76,7	920,2
42	56	55,2	775,6	54	52,9	747,9	66	66,1	914,1
45	48	47,9	763,2	46	46,1	731,4	58	57,6	922,2
48	42	42,2	760,2	40	40,5	724	52	50,6	941,2
51	38	37,2	776,3	36	35,9	735,5	45	44,8	919,3
Durchschnitt			767,3			733,5			922,2

Abb. 1.

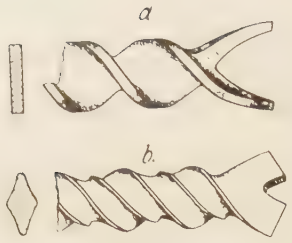


Abb. 2.

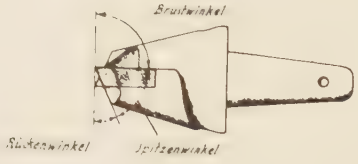


Abb. 3.

Abb. 4.

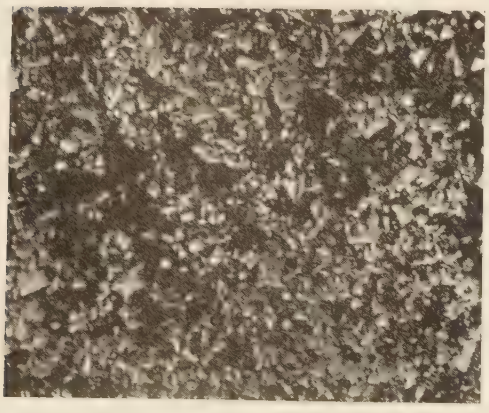


Abb. 5.

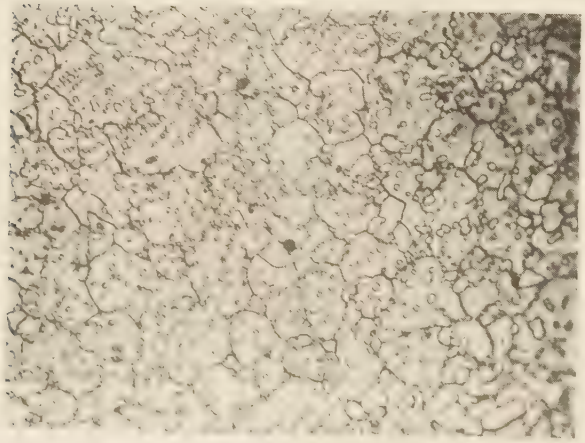


Abb. 6.

Abb. 7.

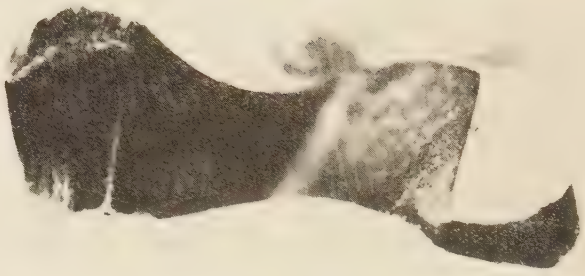


Abb. 8.

Abb. 9.

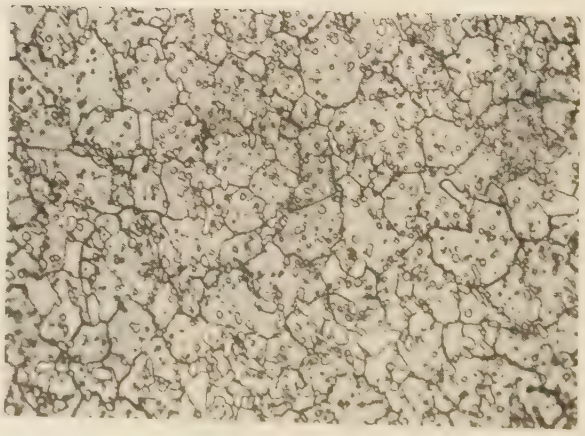


Abb. 10.

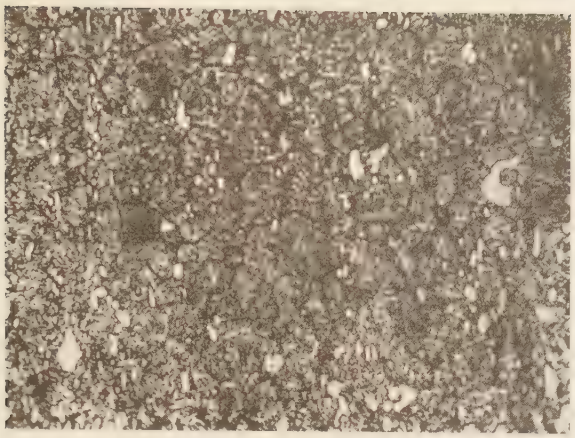


Abb. 11.

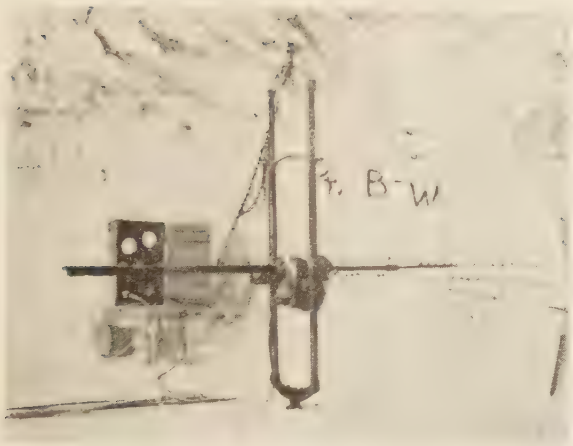


Abb. 12.

Abb. 13.

Stahlschneiden.

Nr. 1. Nr. 2.

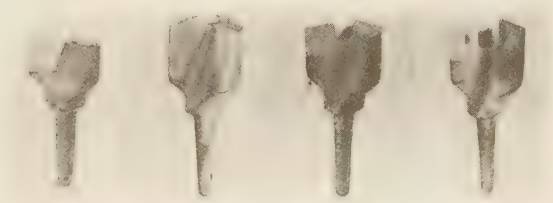
Widia-Zweiplättchen-Schneiden.

Nr. 3. Nr. 4. Nr. 5. Nr. 6.

Widia-Einplättchen-Schneiden.

a) Schneiden mit Angriffsspitzen in Schneidenmitte.

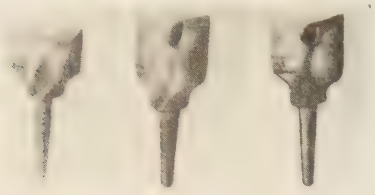
Nr. 7. Nr. 8. Nr. 9. Nr. 10



Nr. 11. Nr. 12. Nr. 13. Nr. 14.

Abb. 14a.

b) Schneiden mit Angriffsspitzen an den Schneidflanken.

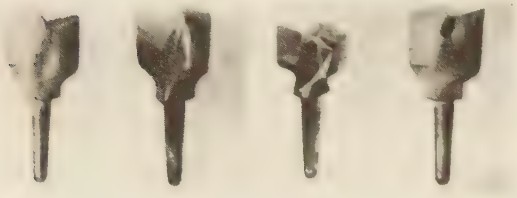


Nr. 15. Nr. 16 Nr. 17.

c) Schneiden mit waagerechten Schneidrücken.

Nr. 18 Nr. 19.

d) Schneiden mit exzentrisch arbeitenden Schneidspitzen.



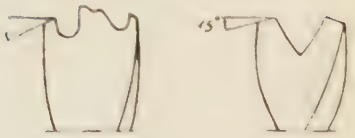
Nr. 20 Nr. 21. Nr. 22. Nr. 23.

e) Spezialformen.

Nr. 24 Nr. 25 Nr. 26.

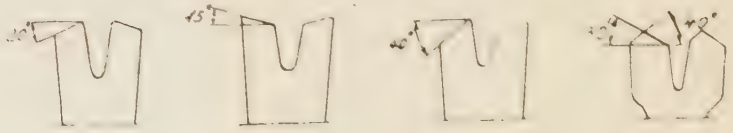
Abb. 14b.

Stahlschneiden.



Nr. 1. Nr. 2.

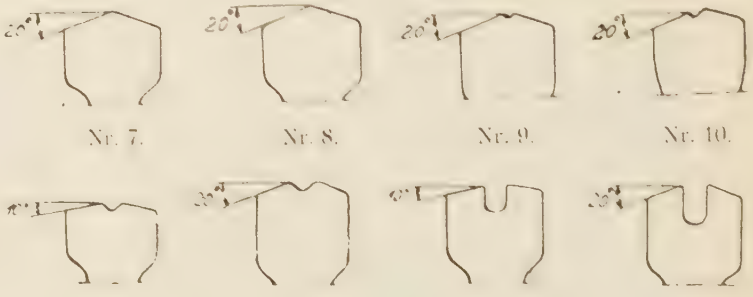
Widia-Zweiplättchen-Schneiden.



Nr. 3. Nr. 4. Nr. 5. Nr. 6.

Widia-Einplättchen-Schneiden.

a) Schneiden mit Angriffsspitzen in Schneidenmitte.



Nr. 7. Nr. 8. Nr. 9. Nr. 10.

Nr. 11. Nr. 12. Nr. 13. Nr. 14.

Abb. 15a.

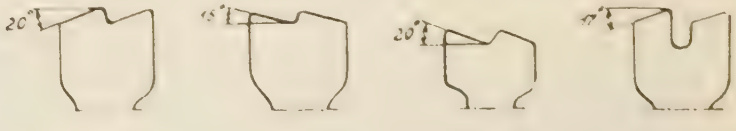
b) Schneiden mit Angriffsspitzen an den Schneidflanken.

Nr. 15. Nr. 16. Nr. 17.

c) Schneiden mit waagerechten Schneidrücken.

Nr. 18. Nr. 19.

d) Schneiden mit exzentrisch arbeitenden Schneidspitzen.



Nr. 20. Nr. 21. Nr. 22. Nr. 23.

e) Spezialformen.

Nr. 24. Nr. 25 Nr. 26.

Abb. 15b.

Abb. 16.

Abb. 17.

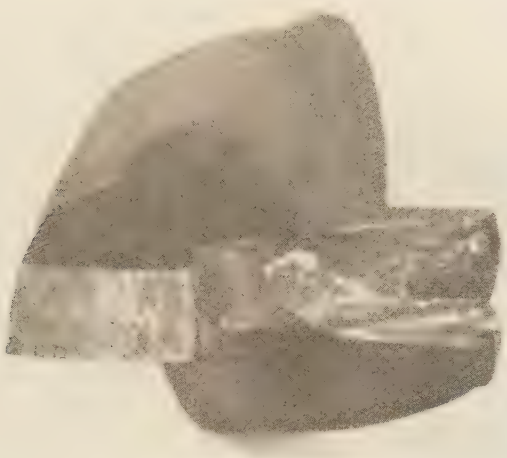


Abb. 18.

Schneide Nr. 1.

Abb. 19a.

Abb. 19b.

Abb. 19c.

Schneide Nr. 7.

Abb. 20a.

Schneide Nr. 22.

Abb. 21a.

Abb. 20b.

Abb. 21b.

Abb. 20c.

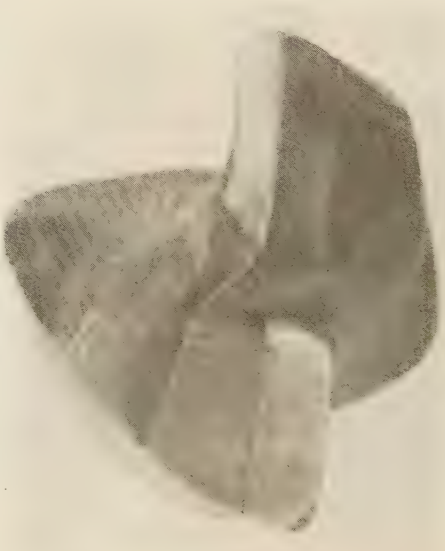


Abb. 21c.

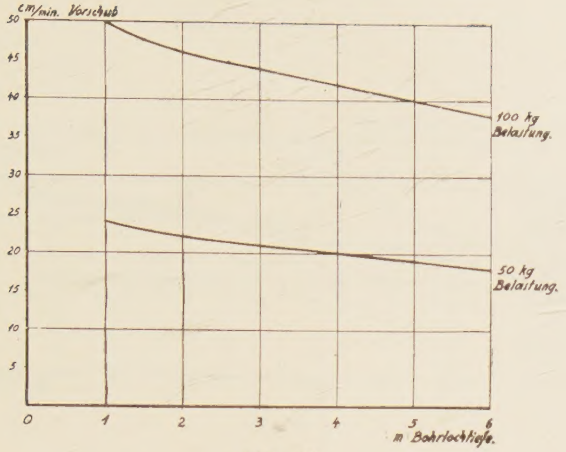


Abb. 22.

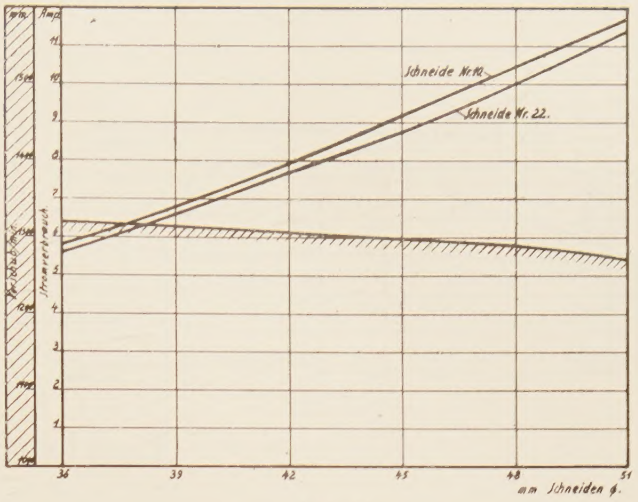


Abb. 24.

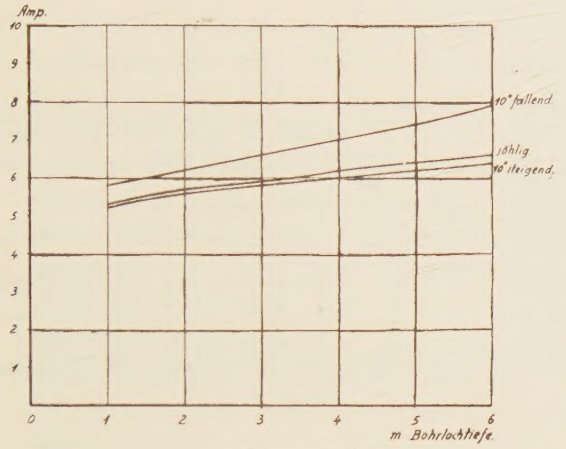


Abb. 23.

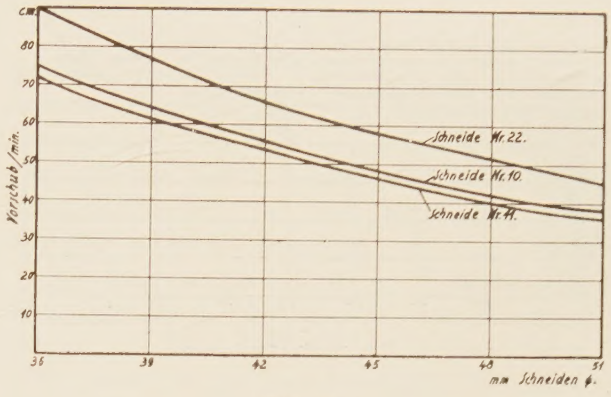


Abb. 25.

Schneide Nr. 1.

Gesteinsart: Kieseritreiches Hartsalz.
——— Vorschub im Leerlauf 1340 mm/min, Spindeldrehzahl im Leerlauf 450/min.
Bemerkung: ○ Zu hoher Stromverbrauch.
● Maschine schlägt.

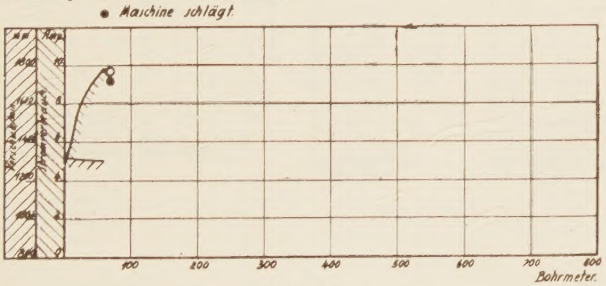


Abb. 26.

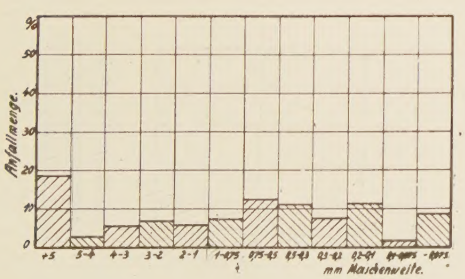


Abb. 27a.

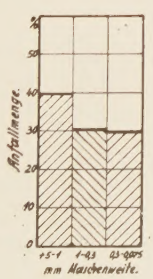


Abb. 27b.

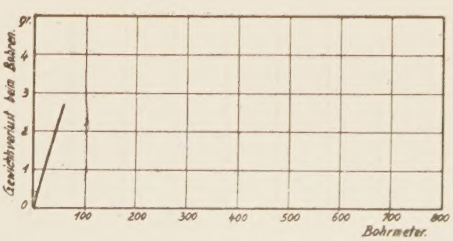


Abb. 28a.

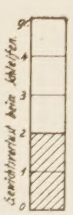


Abb. 28b.

Schneide Nr. 7.

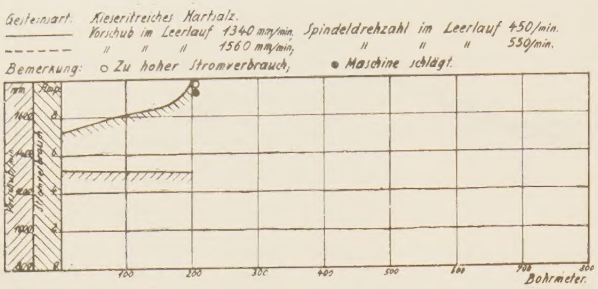


Abb. 29.

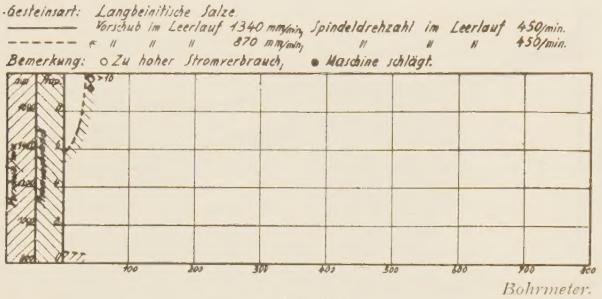


Abb. 30.

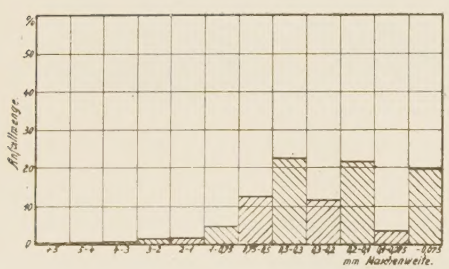


Abb. 31a.

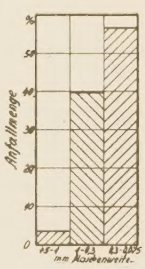


Abb. 31b.

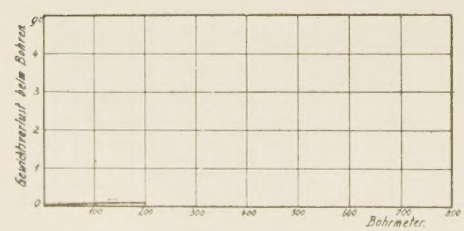


Abb. 32a.

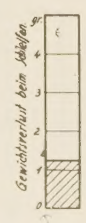


Abb. 32b.

Schneide Nr. 22.

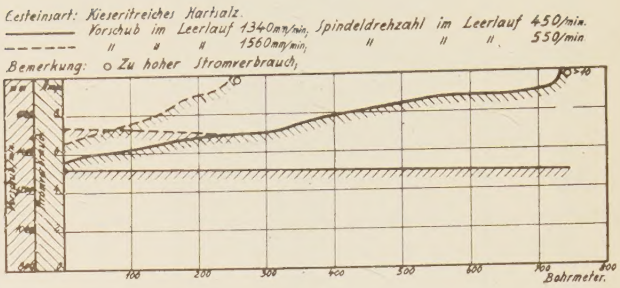


Abb. 33.

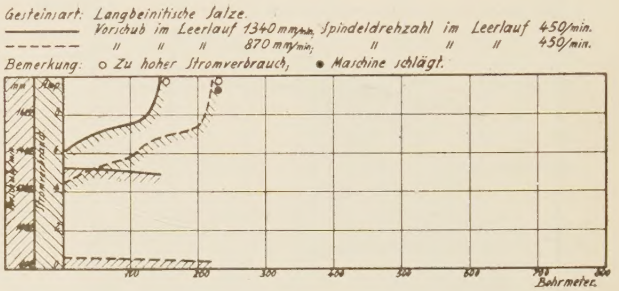


Abb. 34.

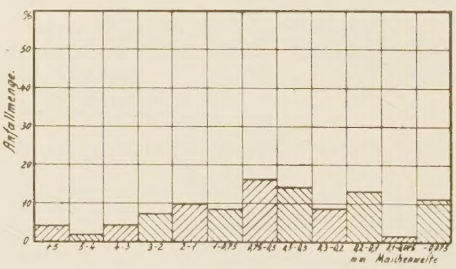


Abb. 35a.

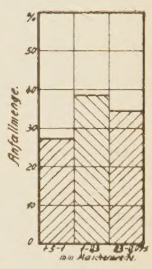


Abb. 35b.

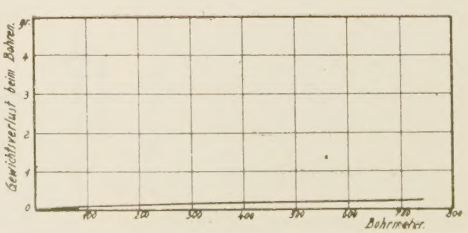


Abb. 36a.

Abb. 36b.

Lebenslauf.

Verfasser, Sohn des verstorbenen Bergwerksdirektors Max Winter und dessen Ehefrau Anna, geb. Grabow, wurde am 27. Juli 1894 zu Aschersleben geboren.

Das Reifezeugnis erwarb er sich auf der Staatlichen Gewerbeakademie in Chemnitz. Nach beendeter Schulzeit studierte er ein Semester an der Technischen Hochschule München und sieben Semester an der Bergakademie Clausthal, an der im Wintersemester 1923/24 die Hauptprüfung des Dipl.-Ing.-Examens in der Fachrichtung des Bergbaues bestand.

Seine praktische Tätigkeit erledigte er teils vor dem Studium, teils während der Hochschulferien.

Am 2. August 1914 meldete sich Verfasser als Kriegsfreiwilliger. Er wurde zum Offizier befördert und tat bis zum Dezember 1918 Kriegsdienst. Als 1921 der Polenaufstand in Oberschlesien ausbrach, trat er bei einem Freiwilligenverbande ein und nahm an den Kämpfen gegen die Polen teil.

Seit dem 1. März 1924 ist Verfasser auf den Kaliwerken Aschersleben, Schachtanlage Hattorf, als Direktionsassistent und seit März 1928 außerdem als verantwortlicher Betriebsführer tätig.